



HAL
open science

Evaluation de l'impact d'un changement de protocole de tarissement sur l'utilisation d'antibiotiques en élevage bovin laitier

Tinchant Céleste

► To cite this version:

Tinchant Céleste. Evaluation de l'impact d'un changement de protocole de tarissement sur l'utilisation d'antibiotiques en élevage bovin laitier. Sciences de l'environnement. 2024. hal-04664862

HAL Id: hal-04664862

<https://hal.inrae.fr/hal-04664862v1>

Submitted on 30 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

2023-2024

Rapport de Stage

Licence 3^{ème} année Sciences de la vie

Parcours Sciences de l'environnement

Evaluation de l'impact d'un changement de protocole de tarissement sur l'utilisation d'antibiotiques en élevage bovin laitier conduit en Agriculture Biologique.

Unité de Recherche ASTER Mirecourt

662 avenue Louis Buffet

88500 Mirecourt

Sous la direction de :

M. BRUNET Laurent,

Ingénieur d'étude en zootechnie INRAE, ASTER Mirecourt.

Et M. USSEGLIO-POLATERA Philippe,

Enseignant chercheur, LIEC Metz

Remerciements

Je remercie Mme. AUTRET Bénédicte et Mme. DURPOIX Amandine, qui m'ont acceptée dans leur l'équipe de l'unité de recherche ASTER de l'INRAE- Mirecourt.

Je remercie l'ensemble du personnel pour leur accueil chaleureux et pour l'intégration au sein de leur équipe.

Je remercie très particulièrement mon tuteur de stage, M. BRUNET Laurent pour son suivi tout au long de mon stage, ses apports en connaissances et sa confiance. Merci à M. PUECH Thomas pour ses connaissances et ses compétences en matière de traitements statistiques et traitements de données.

Je tiens aussi à remercier Mme. LENAT Corine pour la gestion de mon dossier ainsi que ma convention, et qui a fait tout le nécessaire pour que celle-ci soit signée dans les temps.

Je remercie les autres stagiaires pour les bons moments passés ensemble et leur gentillesse.

Je remercie tous les techniciens travaillant sur l'installation expérimentale, pour leur gentillesse, leurs connaissances et les expériences que nous avons pu partager ensemble notamment lors des contrôles laitiers, la tonte des moutons ou encore la plantation de pommes de terre.

Ce stage a été pour moi, l'occasion de renforcer certaines notions d'agronomie et d'en apprendre de nouvelles dans les différents domaines touchant à cette thématique, tout en découvrant le milieu de la recherche.

Je remercie mes professeurs de l'Université de Lorraine pour l'aide apportée, en particulier Philippe USSEGLIO-POLATERA, tuteur de mon stage et professeur de statistiques.

Déclaration sur l'honneur contre le plagiat

(À joindre obligatoirement à tout travail de recherche ou dossier remis à un enseignant)

Je soussigné(e),

Nom, Prénom,

TINCHANT Céleste

Régulièrement inscrit à l'Université de Lorraine,

N° de carte d'étudiant : 070750559HH

Année universitaire : 2023-2024

Niveau d'étude : L

Parcours : Sciences de l'environnement

N° UE : 06.07M

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets. Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant la commission disciplinaire et les tribunaux de la République Française.

Fait à Metz, le 16/04/2024

Signature : *Tinchant*

Sommaire

1	Introduction	16
2	Synthèse documentaire.....	17
2.1	Présentation d'INRAE et de l'unité de recherche ASTER.....	17
2.2	Synthèse bibliographique	21
2.2.1	Tarissement (définition)	21
2.2.2	Phases physiologiques de la mamelle au cours du tarissement.....	22
2.2.2.1	Phase initiale d'involution	22
2.2.2.2	Phase intermédiaire	22
2.2.2.3	Phase terminale de régénérescence	22
2.2.3	Mammites.....	23
2.2.4	Les différentes stratégies de traitement au tarissement.....	24
2.2.4.1	Le rôle curatif des traitements au tarissement.....	24
2.2.4.2	Traitement systématique	24
2.2.4.3	Traitement sélectif.....	25
2.2.5	Test du CMT (descriptif de mise en œuvre)	27
2.2.6	Types de traite	27
2.2.6.1	Double traite.....	27
2.2.6.2	Monotraite.....	28
3	Matériel et méthode.....	28

3.1	Exploitation des données.....	28
3.1.1	Nature des données disponibles	28
3.1.2	Traitement des données	31
3.1.2.1	Vérification des données de départ	31
3.1.2.2	Saisies complémentaires et création de variables supplémentaires	31
3.1.2.3	Choix des enregistrements conservés pour l'analyse.....	31
3.1.2.4	Homogénéisation des données	33
3.1.2.4.1	Codage pour la méthode de la moyenne cellulaire sur les 5 derniers contrôles	34
3.1.2.4.2	Codage pour la méthode du Test CMT	34
3.1.2.4.3	Codage des vaches traitées	35
3.1.2.5	Production de graphiques.....	35
3.1.2.6	Tests statistiques	35
4	Résultats et discussion.....	37
4.1	Quartiers et vaches traités selon les deux méthodes	37
4.2	Influence du mode de traite	39
4.3	Influence du nombre de lactations.....	40
4.4	Influence de la durée de lactation.....	41
4.5	Influence du type génétique sur la propension au traitement antibiotique au tarissement.....	42
5	Conclusion.....	43
6	Bibliographie/ Sitographie :	44

7	Annexes.....	48
7.1	Photos prises lors de mon stage.....	56
8	Résumé.....	63

Table des figures

Figure 1: Phases physiologiques de la mamelle d'une vache laitière lors du tarissement.....	22
Figure 2: Élaboration de stratégie de traitement sélectif au tarissement au sein de l'unité ASTER.....	25
Figure 3: Chronologie en fonction du type de traite et du test utilisé lors du tarissement au sein de l'IE à Mirecourt.....	29
Figure 4 : Schéma d'une vache, 1. : Pis présentant quatre trayons fonctionnels, 2. : Pis présentant les trayons A, C et D fonctionnels et le trayon B non fonctionnel.	34
Figure 5: Exemple de résultats de comptage cellulaire, 1.a. les quartiers ne nécessitent pas d'antibiotiques ; 2.a. les quartiers nécessitent des antibiotiques ; 1 b et 2 b. Conversion du résultat du comptage cellulaire en résultats binaire.....	34
Figure 6:1. Exemple de résultats de CMT pour 4 quartiers fonctionnels ; 2. Résultat de CMT converti en résultat binaire.	35
Figure 7: Valeurs moyennes des vaches traitées (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) à $p < 0.05$, $n = 630$ vaches.	37
Figure 8: Valeurs moyennes de quartiers traités (%) pour la méthode de California Mastitis Test (CMT) et de contrôle laitier (CL), à $p < 0,05$, $n = 2500$ quartiers.	38
Figure 9: Valeurs moyenne des quartiers traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction du type de traite à $p < 0.05$, $n(\text{monotraite}) = 1691$ quartiers fonctionnels, $n(\text{double traite}) = 809$ quartiers fonctionnels.	39
Figure 10: Valeurs moyenne de vaches et quartiers traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction du nombre de lactation réalisé par les vaches à $p < 0.05$; rang 1 : $n(\text{quartiers}) = 946$ et $n(\text{vaches}) = 237$; rang 2 : $n(\text{quartiers}) = 674$ et $n(\text{vaches}) = 170$; rang 3 : $n(\text{quartiers}) = 438$ et $n(\text{vaches}) = 111$; rang 4 : $n(\text{quartiers}) = 253$ et $n(\text{vaches}) = 64$; rang > 5 : $n(\text{quartiers}) = 189$ et $n(\text{vaches}) = 48$	40
Figure 11: Valeurs moyenne des quartiers traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction du type de traite à $p < 0.05$, 100-200 jours :	

n(quartiers)=52 et n(vaches)=13 ; 200-300 jours : n(quartiers)=821 et n(vaches)=207 ; 300-400 jours : n(quartiers)=887 et n(vaches)=223 ; 400-500 jours : n(quartiers)=356 et n(vaches)=90 ; 500-600 jours : n(quartiers)=218 et n(vaches)=55 ; >600 jours : n(quartiers)=166 et n(vaches)=42. 41

Figure 12: Valeurs moyennes du nombre de vaches traitées en fonction du pourcentage de lactations avec traitement et des races selon la méthode California Mastitis Test (CMT) à $p < 0.05$, n (0%) =10 vaches, n (25-50%) =36 vaches ; n (50-75%) =38 vaches, n (100%) =19 vaches. 42

Table des tableaux

Tableau I: Nombre de vaches éliminées pour le traitement de données en fonction de l'année et de la raison de l'élimination au regard du nombre total de lactations réalisées.	33
---	----

Table des photographies

Photographie 1 : Salle de traite.....	56
Photographie 2: Vache branchée pour la traite	56
Photographie 3: Prélèvement de 2 mL de lait par quartier pour un CMT	57
Photographie 4: Insertion de 2 mL de réactif pour un CMT	57
Photographie 5: Réactif avec le lait lors d'un CMT	58
Photographie 6: Résultats CMT après agitation, quartier D niveau 3, quartiers A,B et C niveau 2.....	58
Photographie 7: Résultats d'un autre CMT, tous les quartiers niveau 0.....	59
Photographie 8: Flacon propre à chaque vache pour le contrôle laitier.	59
Photographie 9: Support pour les flacons du contrôle laitier.	60
Photographie 10: Récupération échantillon de lait lors de la traite pour le contrôle laitier.	60
Photographie 11: Récupérateur d'échantillon de lait et prélèvement dans le flacon correspondant à la vache.	61

Table des annexes

Annexe 1: deux systèmes en autonomie (2004-2015), site internet INRAE.....	48
Annexe 2: L'Expérimentation long terme de l'IE de Mirecourt, site internet INRAE	48
Annexe 3: Projet TEMPo de 2016 à aujourd'hui, site internet INRAE.....	49
Annexe 4: Stratégie d'accouplement des vaches laitières dur l'IE ASTER de Mirecourt, site internet INRAE	49
Annexe 5: Stratégie d'accouplement des génisses laitières sur l'IE ASTER de Mirecourt, site Internet INRAE	50
Annexe 6:Note attribuée au CMT selon l'aspect du gel obtenu (Institut de l'élevage, 2013 ; Réseau Mammite, 2020 ; 2018).	51
Annexe 7:Nombre de vaches et de quartiers traités en fonction de la méthode utilisée et des différents facteurs.....	52
Annexe 8: Valeurs moyennes des vaches et des quartiers traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction du type de traite à $p<0,05$	53
Annexe 9: Coût moyen annuel des différents traitements et les économies associées.	53
Annexe 10:Façon d'administrer un médicament par voie intra mammaire, (source : les Mammites, j'anticipe !).	54
Annexe 11: Trois types d'infection (source : les Mammites, j'anticipe !).	54
Annexe 12:Valeurs moyennes des quartiers et des vaches traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction de la durée de lactation à $p<0,05$	55

Table des abréviations

ACT : Sciences pour l'Action, les Transitions, les Territoires

ALADIN : Application de gestion des troupeaux Laitiers et Allaitants des Domaines Inra
Nouvelle version

ASTER : AgroSystèmes Territoires Ressources

CL : contrôle laitier

CMT : California Mastitis Test

IE : installation expérimentale

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

IRSTEA : Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement
et l'Agriculture

MB : mise bas

mL : millilitre

NF : non fonctionnel

OS : Orientation Scientifique

OP : Orientations de Politique générale

PAPILLE : Polyculture polyélevage Autonome, conçu Pas à pas pour l'alimentation humaine,
avec Les ressources du miLiEu

SDT : salle de traite

SH : Système Herbager

SPCE : Système de polyculture-élevage

TB : taux butyreux

TEMPO : Take it Easy with Milk Production

TP : taux protéique

UGB : unité de gros bétail

VL : vache laitière

Glossaire

Obturateur de trayon : alternative et complément aux antibiotiques intra mammaires administrés au tarissement. Il empêche physiquement l'entrée de germes pathogènes et, associé à un antibiotique, optimise le taux de guérison (Boehringer, 2022)

Mammite clinique : infection caractérisée par l'apparition de signes visibles au niveau du quartier, de la mamelle ou même de l'animal, notamment par une modification de l'aspect du lait (présence de caille, de grumeaux...), un ou des quartier(s) gonflé(s), chaud(s) ou douloureux et, dans les cas les plus sévère, une atteinte de l'état général de l'animal (site internet : les mammites, j'anticipe).

Mammites subcliniques : La vache « lutte » contre l'infection en produisant des leucocytes dans la mamelle. Il n'a pas de signe visible chez l'animal. Seul le comptage cellulaire individuel de chaque vache ou le CMT permet d'identifier la présence de cette infection (site internet : les mammites, j'anticipe).

Tarissement : arrêt de la sécrétion de lait avant la mise à bas (réseau GAB).

Trayon : extrémité du pis d'une vache laitière au nombre de quatre (Le Robert).

1 Introduction

Lors du tarissement d'une vache laitière, la traite du bovin est arrêtée quelques semaines avant le vêlage. L'objectif est de permettre la régénération des tissus de la mamelle avant le début d'une nouvelle lactation et d'orienter la dépense énergétique de la vache vers la fin de la gestation. Toutefois, cette période sèche de la mamelle est une période propice et dangereuse en termes d'infections. En effet, la vache n'étant plus traitée et la mamelle n'étant plus vidangée régulièrement, il y a un risque pour que les infections existantes persistent et s'aggravent ou bien que de nouvelles infections se développent. Ces infections, plus communément désignées sous le terme de mammites, peuvent être causées par des bactéries contagieuses transmises soit durant la traite par la machine à traire, soit par l'environnement. Ainsi, le traitement au tarissement peut nécessiter l'administration d'antibiotiques intra mammaires afin de traiter les infections existantes pendant la période sèche.

A la fin du XXe siècle, l'usage des antibiotiques se répand largement en élevage au point d'être utilisés à titre préventif (Buttin, 2020) dans le but d'éviter le développement de nouvelles infections. En élevage bovin laitier, les recommandations de prévention d'infections par les vétérinaires incitent largement à l'administration intra mammaire d'antibiotiques lors du tarissement de vaches laitières. Cependant, compte tenu de l'incidence croissante des résistances aux antibiotiques en santé humaine et animale, les Pouvoirs Publics affichent leur volonté de réduire l'usage de ces antibiotiques de manière préventive (David et al., 2019) et mettent en place le 1^{er} Plan Ecoantibio en 2012. Ce Plan est un programme volontaire initié par le Ministère de l'Agriculture et de la souveraineté Alimentaire. Il vise à réduire de 25% sur cinq ans l'utilisation des antibiotiques en médecine vétérinaire et en est à sa 3^{ème} version : Ecoantibio3 (2023-2028) (Ministère de l'Agriculture et de la souveraineté Alimentaire, 2023). Par ailleurs, certains modes de production (dont l'agriculture biologique) intègrent dans leur cahier des charges des restrictions supplémentaires, à savoir l'interdiction de traitements systématiques (Réseau GAB, 2020).

C'est dans cette optique que, dès la fin des années 1980, des chercheurs travaillent sur la mise en œuvre de nouvelles stratégies. En matière de tarissement des vaches laitières, se développe la notion de traitement sélectif dans lesquels les vaches traitées par antibiotiques intra mammaire le sont selon des critères précis (concentration de cellules somatiques dans le lait, présence de mammite, risque d'infection pendant la lactation, etc.). Associés à de nouveaux

tests, tel que le CMT (California Mastitis Test) qui permet d'identifier spécifiquement le ou les trayons infectés, ils contribuent à limiter au maximum l'emploi des antibiotiques.

L'unité de INRAE ASTER de Mirecourt est dotée d'une installation expérimentale sur laquelle est élevé un troupeau de vaches laitières conduit en Agriculture Biologique depuis 2004. Sur la base d'analyses hebdomadaires, elle met en œuvre depuis fort longtemps un traitement sélectif au tarissement à partir de la moyenne des 5 dernières analyses précédant celui-ci. En 2016, à l'occasion de la reconception du dispositif expérimental, l'ensemble du troupeau de vaches laitières passe en monotraite, conduisant à revoir à la baisse le seuil de tarissement initialement fixé à une moyenne de 8 kg de lait par vache et par jour sur une semaine. Craignant de devoir traiter aux antibiotiques un nombre plus important de vaches du fait de la concentration cellulaire plus élevée en raison de l'abaissement du seuil de tarissement, les critères de recours aux antibiotiques sont modifiés à compter d'avril 2019 après une première analyse sommaire des données de l'époque. Ainsi, à compter de cette date, c'est le résultat au test du CMT pratiqué le jour du tarissement qui est pris en compte pour l'administration d'antibiotiques au tarissement.

Après 5 années d'utilisation de ces nouvelles règles d'administration d'antibiotiques au tarissement, les scientifiques de l'Unité ASTER ont souhaité faire un bilan afin de confirmer ou infirmer l'hypothèse ayant prévalu au changement de règle. C'est l'objet du travail qui m'a été confié et présenté ci-après. Une première partie présente via une synthèse documentaire le contexte de l'étude et les éléments bibliographiques ayant trait au tarissement chez la vache laitière. Une seconde partie précise les 2 méthodes de tarissement utilisées, la collecte et la validation des données ainsi que le traitement statistique appliqué à celles-ci. Enfin, dans une dernière partie, les résultats obtenus sont présentés et discutés.

2 Synthèse documentaire

2.1 Présentation d'INRAE et de l'unité de recherche ASTER

L'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE) est issu de la fusion, le 1^{er} janvier 2020 de deux instituts, à savoir l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et l'Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA). Il a pour objectif de « *produire et diffuser des connaissances scientifiques* » qui sont mobilisées « *au service de l'innovation, de l'expertise et de l'appui aux politiques publiques* » (INRAE, Missions et organisation, 2024).

Cet établissement public rassemble plus de 12 000 personnes, avec un peu plus de 200 unités de recherche et une quarantaine d'unités expérimentales implantées dans 18 centres de recherche en France métropolitaine et Outre-Mer. Les agents intégrant cet institut sont des fonctionnaires de l'État.

L'INRAE tente de relever les défis de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement de demain, dans le cadre de l'élaboration de plusieurs stratégies et enjeux scientifiques à l'horizon 2030, déclinés en un plan stratégique appelé « INRAE 2030 ». La lutte contre l'antibiorésistance fait notamment partie d'un volet de recherche du plan INRAE 2030

L'unité de recherche ASTER (AgroSystèmes Territoires Ressources) est située à Mirecourt dans les Vosges (88). Elle est rattachée au Centre INRAE Grand-Est Nancy comme 14 autres unités, néanmoins, c'est la seule de la région à dépendre du département de recherche ACT (Sciences pour l'Action, les Transitions, les Territoires). Composée d'une trentaine d'agents répartis entre chercheurs, ingénieurs, et techniciens de recherche, c'est une unité pluridisciplinaire avec des compétences en agronomie, zootechnique, géographie et sociologie. Son projet de recherche est réparti en deux axes. Le premier est « la coexistence et la coévolution des Systèmes Agri-alimentaires Territorialisés », tandis que le second axe correspond à « la conception et l'analyse des systèmes agricoles diversifiés et autonomes ». ASTER est dotée d'une installation expérimentale (IE), certifiée en Agriculture Biologique depuis 2004 et sur laquelle est conduit une expérimentation système en polyculture-polyélevage sur 240 hectares.

En 1961, l'INRA s'installe sur le domaine du Joly en louant ce domaine en tant qu'unité expérimentale (rapport d'évaluation 2017). Jusque dans les années 2000, de nombreuses expérimentations de type analytiques sont réalisées pour produire des connaissances sur les relations entre alimentation et performances de production des vaches laitières.

En 2004, l'unité met en place un dispositif expérimental visant à concevoir des systèmes en « faisant au mieux avec les ressources du milieu ». Il s'agit d'une expérimentation système, c'est-à-dire à l'échelle de la ferme entière où l'autonomie et l'économie tiennent une place centrale. Pour renforcer ces deux dimensions, le cahier des charges de l'Agriculture Biologique est choisi comme cadre expérimental. L'expérimentation-système est conçue en mode dit « Pas à pas » dans la mesure où l'on tente de lever les difficultés au fur et à mesure qu'elles apparaissent.

De 2005 à 2015, deux systèmes bovins laitiers sont testés. Ils ont été conçus afin de pratiquer une agriculture qui coexiste avec la nature, c'est-à-dire une agriculture qui garantit la fertilité des sols, le maintien de la qualité de l'eau et de l'air, améliore la biodiversité et minimise l'utilisation d'énergie fossile mais également conduire des systèmes agricoles productifs dans l'objectif de limiter au maximum les intrants (Annexe 1 et 2).

Le 1^{er} système dénommé Système Herbager (SH) comprend une quarantaine de vaches laitières vêlant au printemps (15/01 – 15/04) et les génisses de renouvellement. Ce troupeau dispose de 80 ha de prairies permanentes permettant de garantir une alimentation le plus possible via le pâturage, ainsi que la récolte de fourrage pour l'hiver. En revanche, ces vaches ne disposent pas de concentrés dans leur alimentation.

Le 2nd système dénommé Système de polyculture-élevage (SPCE) est composé d'une soixantaine de vaches laitières vêlant en fin d'été et début automne (15/08 – 15/11) plus les génisses de renouvellement. Ce troupeau valorise à la fois des parcelles de prairies permanentes (55 ha) et des prairies temporaires intégrées aux rotations culturales (têtes de rotation) sous forme de pâturage en été et de foin + grain en hiver. La paille des céréales est utilisée pour la litière en hiver. (Site internet INRAE).

A l'issue de ces dix années, il a été observé que le système Herbager conduit en herbivorie stricte présentait de meilleures performances technico-économiques que le deuxième système (Coquil et al, 2017). Et c'est donc, à la suite de ces conclusions, qu'un nouveau système est mis en place à partir de 2016, basé sur un usage des terres à destination de l'alimentation humaine avec des ruminants conduits en herbivorie stricte.

Précédée entre 2016 et 2017 de l'expérimentation TEMPo (Take it Easy with Milk Production) qui assure la transition, la nouvelle expérimentation système, dénommée PAPILLE, a pour but la conception et l'évaluation d'un système agri-alimentaire territorialisé davantage contributeur à l'assiette locale avec l'hypothèse qu'un système diversifié est plus résilient face aux différents aléas (climatiques, économiques). Conservant les principes fondateurs d'autonomie et d'économie, elle s'appuie sur une diversification tant des productions animales que végétales avec un objectif de complémentarité entre les différents ateliers mis en place.

Côté productions végétales, l'ensemble des cultures annuelles est destiné à un usage direct pour l'alimentation humaine avec la mise en place de plus d'une vingtaine d'espèces cultivées.

Côté productions animales, la conduite du troupeau bovin est entièrement revue afin de dégager des surfaces et du temps pour la diversification, mais également améliorer les performances animales et repenser le travail dans les conditions d'élevage en vue d'une augmentation du revenu horaire (Annexe 3). Pour cela :

- Les 2 troupeaux SH et SPCE sont réunis pour ne faire plus qu'un et passent en monotraite. La monotraite est une pratique agricole consistant à ne traire les vaches laitières qu'une seule fois dans la journée, au lieu de deux traites traditionnellement ce qui permet de réduire le temps de travail. Bien que la production de lait soit diminuée (25 à 30%), la monotraite peut se présenter économiquement viable grâce à la réduction des coûts de main d'œuvre et des besoins alimentaires des bovins.

- Les veaux sont élevés sous nourrices. Cela consiste à faire adopter deux ou trois veaux (pas uniquement le sien) à une vache nourrice qui va les élever durant la 1^{ère} année. Cette méthode d'élevage permet également une réduction le temps de travail ainsi qu'une amélioration des croissances des génisses pour un premier vêlage à 24 mois (objectif du projet PAPILLE contre 36 mois dans les systèmes SH et SPCE), contribuant ainsi à la diminution des effectifs improductifs (Puech, 2022).

- Le croisement de races laitières est mise en place pour améliorer les caractères moins héréditaires tels que la fécondité et la fertilité (Annexe 4 et 5).

In fine, cela laisse sous-entendre deux hypothèses : « (i) la diminution de la production laitière par vache (liée à la monotraite) aboutira à une production laitière équivalente voire supérieure par hectare de surface consacrée au troupeau laitier grâce à la baisse des effectifs improductifs (24 mois au premier vêlage et baisse du renouvellement) ; (ii) la diminution du temps de travail permettra une amélioration de la productivité horaire de l'atelier (Coquil et al., 2019).

En parallèle de la modification de conduite du troupeau bovin, deux nouvelles espèces animales sont introduites sur le dispositif expérimental, à savoir :

- Une troupe de 130 brebis allaitantes élevée en plein air intégral. Elle a pour vocation la production de viande d'agneau uniquement à l'herbe en valorisant des ressources fourragères jusqu'alors mal valorisées par les bovins en raison de problèmes de portance des sols ou lors des périodes d'explosion de la pousse de l'herbe.

- Une troupe de porcs charcutiers à l'engraissement (également élevée en plein air intégral) ayant pour objectif la production de viande à partir des productions non commercialisables des autres ateliers (issues de tri des cultures, lait non commercialisable, etc...).

2.2 Synthèse bibliographique

2.2.1 Tariessement (définition)

Au sens strict, le terme « tariessement » désigne l'arrêt total de la traite en fin de lactation, mettant ainsi fin à la récolte de lait. C'est en ce sens que l'on parle de date de tariessement ou de traitement de tariessement. Il débute à la fin d'une lactation et d'une gestation et se termine lors de la mise bas et le début d'une nouvelle lactation. C'est une période de changement physiologique important (Réseau GAB, 2022) permettant de garantir le renouvellement des cellules mammaires avant le vêlage mais également de limiter les maladies telles que les mammites. En effet, lors de cette diminution progressive jusqu'à un arrêt de la sécrétion de lait par la mamelle, un bouchon de kératine va se former au niveau du canal du trayon (Lely, 2016) empêchant ainsi les bactéries pathogènes présentes dans l'environnement extérieur de remonter et s'installer dans la mamelle.

Les vaches gestantes étant destinées à continuer leur carrière de productrice laitière, elles sont généralement taries selon leur avancement au cours de leur gestation. Cependant, le tariessement peut être décidé pour plusieurs autres raisons telles que : un mauvais état sanitaire de la mamelle (nombre trop élevé en cellules), un mauvais état d'engraissement, une maladie-accident, une production insuffisante de lait, une décision prise par l'éleveur. Ainsi, le terme de tariessement présente des significations plus ou moins restrictives selon le contexte d'utilisation. A l'extrême, l'arrêt de la traite peut être provoqué par l'épuisement de l'activité sécrétoire des glandes mammaires. C'est ce que l'on appelle le tariessement spontané (Sérieys, 1997).

2.2.2 Phases physiologiques de la mamelle au cours du tarissement

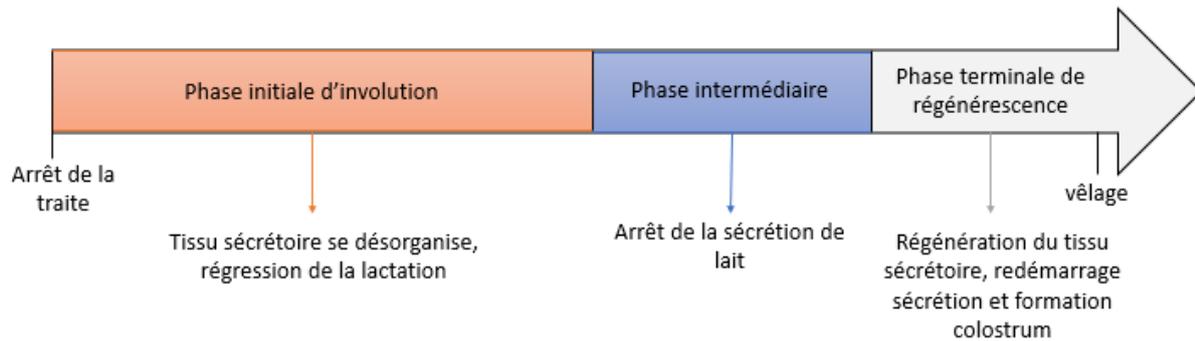


Figure 1: Phases physiologiques de la mamelle d'une vache laitière lors du tarissement.

2.2.2.1 Phase initiale d'involution

La phase initiale d'involution correspond à une production en lait encore élevée et à une conduite de l'arrêt de la traite (Bareille, 2013). Les vaches sont détournées du troupeau. Le tissu sécrétoire se désorganise et entraîne la régression finale de la lactation. Cependant, à ce moment, il existe un risque fort de contamination au niveau des quartiers, notamment par l'environnement (Réseau GAB, 2022). En effet, des bactéries sont présentes au niveau du sol ou de la litière et peuvent pénétrer dans le trayon encore ouvert (Zoetis, 2024). Peu à peu, une diminution des besoins énergétiques et des quantités ingérées se met en place. Au niveau digestif, les papilles du rumen (1er organe digestif chez les ruminants) vont régresser et les espèces de micro-organismes présentes vont évoluer (Agrialpro, 2023).

2.2.2.2 Phase intermédiaire

Entre 3 à 6 semaines après l'arrêt de la traite, la mamelle est totalement involuée et ne produit plus de lait. De plus, au niveau de l'alimentation, il existe toujours une diminution, mais un peu plus forte que la phase précédente en termes de besoins énergétiques et des quantités ingérées ; mais également la régression des papilles au niveau du rumen (Réseau GAB, 2022). Cette période dure entre 2 et 3 semaines.

2.2.2.3 Phase terminale de régénérescence

La phase terminale correspond aux quelques semaines avant le vèlage où le tissu sécrétoire de la mamelle se régénère et redémarre progressivement la sécrétion de lait (Réseau GAB, 2022). De plus, le colostrum est formé. Ce dernier est d'un point de vue biologique un mélange de lait et de constituants de sérum sanguin s'accumulant dans la mamelle durant les trois

dernières semaines du tarissement. Le colostrum se compose d'anticorps, de facteurs antimicrobiens, d'hormones, de facteurs de croissances et de cellules somatiques. Cela permet notamment d'apporter au veau un renfort immunitaire pendant les premiers jours de la naissance (Chambre de l'Agriculture). Enfin, d'un point de vue alimentaire, le rumen évolue pour répondre à l'augmentation des besoins physiologiques liées à la lactation. L'éleveur répondra par ses pratiques à la satisfaction de ces besoins à travers des choix de ration (qui peuvent être différents selon les fermes) et qui elle-même évolue dans le temps. Par exemple, sur l'expérimentation ASTER à Mirecourt les vaches démarrent leur lactation au foin puis sortent au pâturage.

2.2.3 Mammites

Une mammite est une inflammation d'un ou plusieurs quartiers de la mamelle, causée par des bactéries contagieuses transmises :

- Soit durant la traite par la machine à traire, les serviettes de nettoyage ou encore les mains du trayeur. Parmi ces bactéries on trouve principalement *Staphylococcus aureus*, les staphylocoques à coagulase négative, *Streptococcus agalactiae* et les mycoplasmes.
- Soit par l'environnement car présentes dans le sol, la litière, les plantes ou encore l'eau (Réseau mammite). On retrouve dans cette catégorie : *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp. et les streptocoques.

Cela a notamment des conséquences sur la composition du lait associé à une augmentation du nombre de cellules somatiques. Les quartiers infectés produisent alors moins de lait et la qualité du lait diminue. Le risque d'infection augmente si les normes de logement et les normes d'hygiène recommandées (Annexe 7) ne sont pas respectées dans la salle de traite. Le développement de la mammite peut également être provoquée par un système immunitaire affaibli (Phibro).

Les signes d'une mammite s'observent dans la plupart des cas directement au niveau de l'aspect du lait. Effectivement, une mammite se manifeste par un aspect de grumeaux, de caillots et de sang sortant directement du quartier (Barde, 2021). Dans le cas d'une infection au Staphylocoque doré, la température à laquelle le lait sort peut-être un indicateur, sa température pouvant être plus chaude que la normale (38°C) (Les Mammites).

Par ailleurs, les vaches atteintes d'une mammite ont un lait de mauvaise qualité (nombre de cellules somatique élevé et présence de germes pathogènes) et peuvent transmettre leur infection au reste du troupeau. De plus, il existe peu de chances que le pis d'une vache infectée se rétablisse complètement, ce qui entraîne une réduction de la production de lait lors de la lactation en cours mais aussi lors des lactations suivantes. Cela entraîne donc plusieurs conséquences telles que la non-commercialisation du lait infecté, la diminution de la production laitière à cause d'une physiologie de la mamelle non retrouvée, un système immunitaire moins performant rendant la vache plus sensible à de nouvelles infections, et une réforme précoce avec par conséquent une durée de vie de la vache plus faible (Phibro). C'est donc dans cette optique, qu'il faut faire de la prévention pour éviter au maximum toute contamination de vaches ou du troupeau. Pour cela, afin d'éviter une contamination lors de la traite, il est conseillé de traire dans un ordre bien précis, c'est-à-dire les vaches de première lactation, puis les vaches normales, les vaches avec un comptage cellulaire élevé et enfin les vaches infectées (Les Mammites).

2.2.4 Les différentes stratégies de traitement au tarissement

2.2.4.1 *Le rôle curatif des traitements au tarissement*

L'efficacité de la guérison varie en fonction des antibiotiques et des agents pathogènes qui infectent la mamelle (Annexe 8). En effet, l'emploi des antibiotiques permet de garantir et augmenter les chances de guérison. Par exemple, si une vache est infectée par la bactérie *Staphylococcus aureus*, le taux de guérison est de 85% avec des antibiotiques, contrairement à 45% pour une guérison spontanée (Bareille, 2013).

2.2.4.2 *Traitement systématique*

Pour la plupart des éleveurs en France, lors du processus du tarissement, des obturateurs et des antibiotiques vont être administrés dans l'ensemble des quatre quartiers de la mamelle. Cela permet de guérir les vaches infectées par des mammites mais aussi prévenir tout risque de nouvelle infection sur le long terme après tarissement (Chambre de l'Agriculture, 2010). Cependant, cette technique fait consommer une quantité importante d'antibiotiques aux vaches alors qu'elles sont potentiellement saines. En effet, les éleveurs traitent tous les quartiers dans l'idée de limiter au plus le développement de mammite par la suite et éviter les frais associés pour le traitement.

2.2.4.3 Traitement sélectif

L'administration inutile d'antibiotiques devant être évitée au maximum, de nouvelles stratégies ont été mises en place au niveau individuel désignées sous le terme de traitement sélectif. (Figure 2).

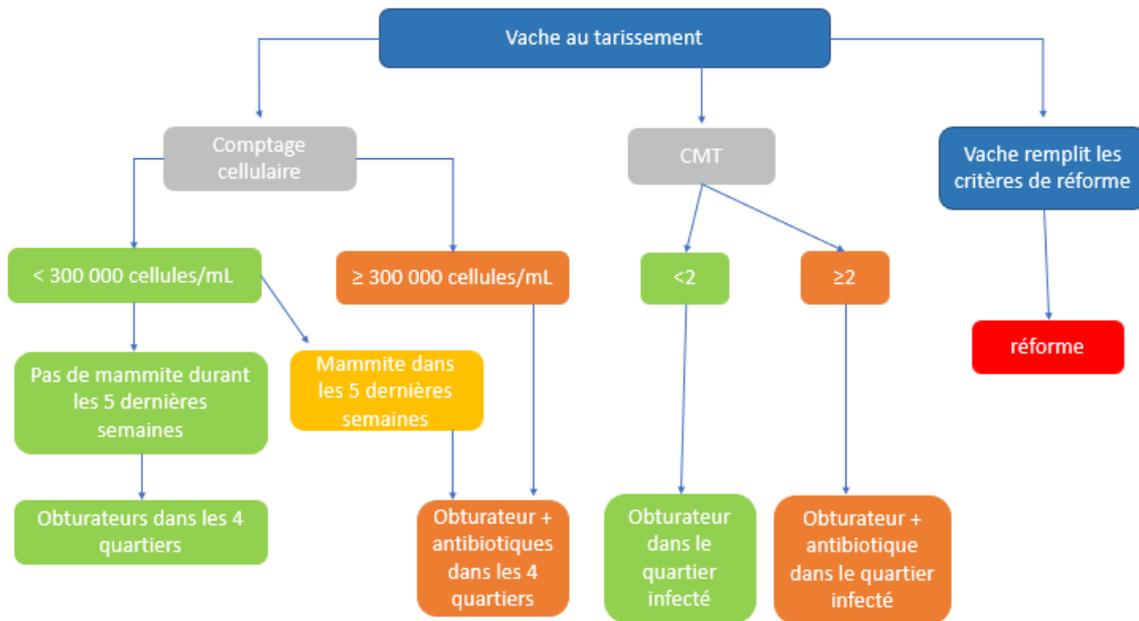


Figure 2: Élaboration de stratégie de traitement sélectif au tarissement au sein de l'unité ASTER.

Le contrôle laitier, pratiqué dans la plupart des exploitations laitières, offre un aperçu précieux de la production de lait, de la santé et du bien-être des vaches. Parmi la collecte des données, les informations portent essentiellement sur la qualité du lait produit, mais également sur des indicateurs de santé tels que le comptage de cellules somatiques. Ainsi, le contrôle laitier permet aux éleveurs de surveiller étroitement la performance individuelle des bovins et du troupeau dans son ensemble. Par ailleurs, ce contrôle permet de détecter précocement des signes de mammites, d'optimiser la gestion de reproduction et de l'alimentation. Grâce à toutes ces données, les éleveurs sont en mesure d'ajuster leurs pratiques de gestion et de soins dans le but de maximiser la productivité et la santé des animaux (Lactanet,2023).

Les comptages cellulaires étant des indicateurs proxy de la santé mammaire, ils peuvent donc être utilisés pour déclencher l'intervention vétérinaire (antibiotiques). En effet, les cellules somatiques sont des cellules épithéliales qui se détachent de la muqueuse lors de la traite ou des cellules immunitaires. Ces dernières étant des cellules protectrices produites par l'organisme

pour détruire les bactéries responsables d'une infection mammaire, leur présence en très grand nombre traduit donc la présence d'un foyer d'infection. Aussi par un simple comptage dans un échantillon de lait, il permet de prendre une décision quant à l'administration ou pas d'antibiotiques au tarissement. Ainsi, si le nombre de cellules somatiques retrouvées par mL de lait est inférieur au seuil établi alors la vache ne reçoit pas d'antibiotiques (David, 2019). En revanche, si ce nombre est supérieur alors la vache sera traitée. Par ailleurs, dans la majorité des cas et quelle que soit la méthode de tarissement, la vache reçoit des obturateurs dans les canaux des trayons afin de renforcer le bouchon et éviter au maximum l'infection par un pathogène.

D'autres techniques ont été également développées, comme le California Mastitis Test (CMT), (voir descriptif de mise en œuvre au paragraphe 2.2.5), lequel permet le ciblage des quartiers ayant besoin de traitement antibiotique de ceux n'en ayant pas besoin, grâce à une évaluation du niveau d'infection de la mamelle lors de la dernière traite. Le principe de ce test repose sur un test colorimétrique (violet) de pH à l'issue d'une réaction chimique entre le lait et une solution d'acide sulfurique. Le réactif va faire éclater les cellules présentes dans le lait et former un gel dont la viscosité est d'autant plus élevée que la teneur en cellules est importante grâce à une réaction avec l'ADN de ces cellules. Le CMT permet ainsi de détecter la présence de cellules somatiques dans un quartier spécifique. Bien que moins précis que le comptage cellulaire réalisé par le contrôle laitier (David et al., 2013), il fournit une information semi-quantitative du nombre de cellules par mL de lait et constitue un bon indicateur d'infection mammaire. C'est un test simple d'utilisation, rapide et pratique pour identifier le ou les quartiers infectés et les traiter le plus rapidement possible (Charte des bonnes pratiques d'élevage, 2022).

Enfin, dans certains cas particuliers (vache destinée à la réforme), le choix peut être de ne pas administrer d'antibiotiques, même si le nombre de cellules dans son lait est supérieur à 300 000 ou un résultat de CMT supérieur à 2 à l'un ou plusieurs de ses quartiers. En effet, dans le cas d'administration d'antibiotique, l'éleveur est tenu de respecter un délai d'attente légal avant de pouvoir faire abattre l'animal. Ce délai d'attente est variable en fonction de la molécule utilisée : il rallonge d'autant le temps de présence de l'animal sur l'exploitation en particulier en Agriculture Biologique où les délais d'attente sont doublés.

Le tarissement sélectif présente des avantages économiques en réduisant les coûts de traitement tout en maintenant une production laitière et des concentrations cellulaires comparables à celles du tarissement systématique. Les coûts de traitement pour les mammites

sont moins élevés dans le tarissement sélectif par rapport au tarissement systématique. Cela permet de faire des économies importantes tout en préservant la qualité du lait, ce qui en fait une option économiquement avantageuse pour les éleveurs laitiers (Buttin, 2020). Ces avantages économiques du tarissement sélectif sont amplifiés lorsque sa mise en œuvre permet des réductions significatives de l'usage d'antibiotiques et qu'il est réalisé efficacement, sans entraîner une augmentation des cas de mammites lors de la lactation suivante. Cela souligne donc de l'importance d'une approche équilibrée et bien gérée pour maximiser les bénéfices économiques tout en maintenant la santé et la productivité du troupeau laitier (Scherpenzeel et al., 2016).

Toutefois, des inquiétudes se font encore ressentir auprès des agriculteurs notamment au niveau des risques d'infections sur les quartiers non traités et les coûts associés au traitement d'une mammité. Ces inquiétudes représentent donc un frein pour ces derniers pour adopter le traitement sélectif. L'association entre éleveurs et conseillers doit être mise en place dans le but de convaincre les agriculteurs que la pratique du traitement sélectif n'augmente pas l'incidence de vaches infectées (Lollivier, 2022).

2.2.5 Test du CMT (descriptif de mise en œuvre)

La réalisation de ce test nécessite plusieurs étapes. Dans un 1^{er} temps, chaque trayon est nettoyé selon le protocole d'hygiène et le manipulateur doit porter des gants propres (Chaumard, 2020). Du lait de chaque trayon est prélevé séparément dans une coupelle (environ 2 mL) selon un trait de jauge (Photographie 3). Puis, la même quantité de réactif est ajouté dans la coupelle contenant le lait (Photographies 4 et 5). Le tout est ensuite mélangé en faisant des mouvements circulaires pendant quelques secondes, à l'issue desquels la lecture du résultat peut s'effectuer (Photographies 6 à 7). Selon l'aspect du gel, cela permet de donner une note allant de 0 à 4 (Annexe 6), à partir de laquelle, une gamme du nombre de cellules peut être estimée (Heinen, 2019).

2.2.6 Types de traite

2.2.6.1 Double traite

La double traite consiste à traire les vaches deux fois par jour avec un intervalle moyen de 10 heures 30 (Chambre d'Agriculture Ardennes). C'est la méthode la plus courante dans les élevages laitiers. Cette pratique maximise la production laitière et permet de maintenir une production de lait constante et élevée. Cette dernière permet notamment de prévenir les mammites grâce à une évacuation de lait régulière du pis de la vache. Cela permet ainsi de

garantir une bonne santé mammaire. Toutefois, ce type de traite oblige un temps de travail conséquent en termes de main d'œuvre.

2.2.6.2 *Monotraite*

La monotraite, où les vaches ne sont traitées qu'une fois par jour, présente plusieurs avantages, notamment une réduction significative du temps de travail (Coquil X. et al., 2019) et des coûts de main d'œuvre. Ceci augmente également la flexibilité au niveau de l'organisation pour les agriculteurs. Toutefois, cette méthode réduit la production de lait de 20 à 30 % tout au long de la lactation, mais augmente la teneur en matière grasse et en protéines dans le lait. De plus, les mammites sont les plus fréquentes et peuvent être plus difficiles à soigner. Dans l'ensemble, une seule traite quotidienne peut être une alternative pour les exploitations agricoles si la santé mammaire est maintenue et si des systèmes alimentaires efficaces sont utilisés pour compenser la production laitière réduite (Chambre de l'Agriculture des Ardennes).

3 Matériel et méthode

3.1 Exploitation des données

L'ensemble des données sur lesquelles nous avons travaillé sont issues de l'installation expérimentale et ont été collectées sur la période du 1^{er} septembre 2004 au 1^{er} avril 2024.

3.1.1 Nature des données disponibles

Tous les bovins présents sur l'Installation Expérimentale sont identifiés à la naissance via un numéro d'identification national unique à 12 caractères et la pose d'un repère physique dans chaque oreille : une boucle électronique dans l'oreille gauche et une boucle plastique dans l'oreille droite sur laquelle figure en gros caractères les 4 derniers chiffres du numéro national lesquels constituent le numéro de travail de l'animal. A quelques exceptions, le 1^{er} chiffre du numéro de travail correspond à l'unité de l'année de naissance. Le numéro de travail est utilisé au quotidien par les techniciens pour enregistrer sur les agendas l'ensemble des informations concernant les soins et traitements administrés à chaque animal. Ces informations sont ensuite saisies dans une base de données dénommée ALADIN, système d'information spécifique à l'IE répertoriant l'ensemble des informations relatives à chaque animal.

Comme indiqué dans l'introduction, l'unité INRAE ASTER de Mirecourt met en œuvre depuis fort longtemps un traitement sélectif au tarissement à partir de la moyenne du comptage

cellulaire des 5 dernières analyses précédant celui-ci. Ainsi, chaque semaine, toutes les vaches en production sont soumises à un contrôle laitier permettant de disposer d'informations sur la qualité du lait dont le nombre de cellules somatiques par millilitre de lait au moment de la traite. Pour ce faire, un flacon contenant du lait provenant des quatre trayons est prélevé (photographies 8 à 11) et expédié à un laboratoire d'analyses laitières. Les résultats d'analyses, reviennent sous forme d'un fichier de données qui, après vérification, sont également intégrés à la base de données ALADIN. Ceci permet de disposer, chaque semaine et pour chaque animal soumis au contrôle laitier, d'une mesure TB/TP/Cellules/Urée/Lactose. Lors du tarissement, si la moyenne du comptage cellulaire sur les 5 contrôles précédents est inférieure à 300 000 cellules / ml, la vache est tarie sans antibiotiques. Dans le cas contraire, l'ensemble des quartiers fonctionnels reçoit un traitement antibiotique. Le jour du tarissement, à la dernière traite, un test CMT est pratiqué à titre informatif.

A partir du 3 avril 2019 (Figure 3), c'est le résultat du test CMT pratiqué le jour du tarissement (selon procédure décrite au paragraphe 2.2.5) qui est pris en compte pour l'administration d'antibiotiques au tarissement avec la règle suivante : seuls les quartiers ayant un score supérieur ou égal à 2 reçoivent un traitement antibiotique au tarissement. Jusqu'en 2021, les résultats des Test CMT sont notés sur l'agenda journalier puis à compter de cette date sur les feuilles de tarissement mise en place. En revanche, ces données ne sont pas disponibles dans ALADIN car la base de données n'a pas été prévue à sa conception pour le stockage de cette information.

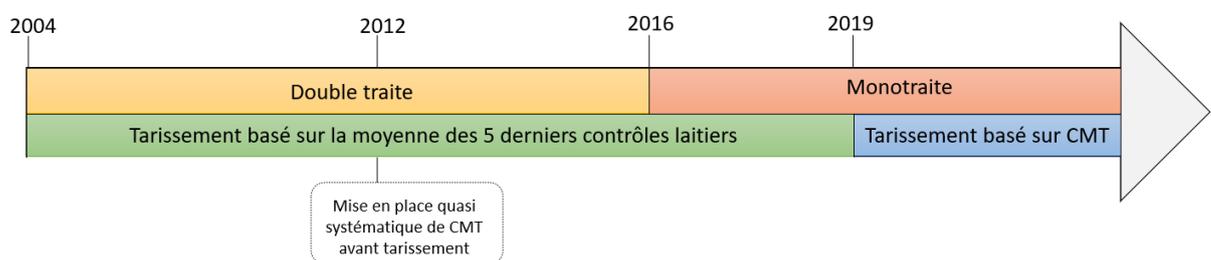


Figure 3: Chronologie en fonction du type de traite et du test utilisé lors du tarissement au sein de l'IE à Mirecourt.

Un fichier de travail de départ a été créé par Laurent BRUNET à partir de l'ensemble des informations disponibles dans la base de données ALADIN sur les vaches laitières présentes

sur l'IE. Seules les informations indispensables pour le traitement de données et l'interprétation des résultats de l'étude en question ont été extraites et exportées dans un fichier Excel. Le choix a été fait de travailler sur l'ensemble des données disponibles depuis la conversion de l'IE à l'Agriculture Biologique. Ainsi ont été retenues toutes les lactations débutées à partir du 1^{er} septembre 2004 et terminées à la date du 1^{er} avril 2024 afin de disposer des informations sur le tarissement. Ce fichier comporte 1690 lactations avec pour chacune d'entre elles, les données suivantes :

- Le numéro INRA : numéro à 7 chiffres unique dans ALADIN qui permet d'identifier chaque animal sans équivoque. Plus simple que le numéro d'identification national, il est composé pour les 4 premiers de l'année de naissance du bovin et pour les 4 derniers de son numéro de travail officiel. A titre d'exemple, le numéro INRA de la vache 6001 née en 2016 est 2016001 ;
- La race de l'animal ;
- La date de début de lactation ;
- Le numéro de lactation ;
- La durée de la lactation : exprimée en jours, elle est obtenue par calcul de différence entre la date de tarissement et la date de lactation ;
- La date de tarissement : elle correspond à la date de fin de la lactation ;
- Le type de tarissement : variable définie qui peut prendre les modalités différentes (1- progressif sans traitement, 2-, brutal sans traitement, 3- progressif avec traitement, 4- brutal avec traitement, 5- fin de lactation ou 6- fin d'allaitement) ;
- La cause de tarissement : variable définie qui peut prendre les modalités différentes (cellules, décision du technicien, état d'engraissement, expérimentation, fermeture de la salle de traite, gestation, maladies-accident, production, sortie-vente, non renseignée)
- La date du traitement administré au tarissement (s'il y a eu administration d'un traitement) ;
- Le nom du ou des produits administrés (s'il y a eu administration d'un traitement)
- La nature allopathique du produit administré (s'il y a eu administration d'un traitement) : la variable est de type VRAI/FAUX positionnée à VRAI dès lors qu'un des produits administrés est un antibiotique ;
- La valeur des comptages cellulaires sur les 5 semaines précédant le tarissement : dans le cas de la double traite, nous disposons de 2 valeurs pour chaque contrôle, une pour la traite du matin et une autre pour celle du soir.

3.1.2 Traitement des données

3.1.2.1 Vérification des données de départ

Via l'utilisation des filtres sous Excel, un premier travail de vérification des données de base a été effectué sur le fichier de départ. Cela a concerné principalement :

- La cohérence entre la date de début de lactation et la date de tarissement au travers de la durée de lactation. Une attention particulière a été portée sur l'absence de durées de lactations négatives et sur les durées de lactations très longues, permettant de mettre en évidence et corriger quelques oublis de saisie de dates de tarissement tant dans le fichier de traitement que dans la base de données ALADIN ;

- La cohérence entre le type de tarissement (avec ou sans traitement), l'administration effective d'un traitement et son caractère allopathique ou pas.

3.1.2.2 Saisies complémentaires et création de variables supplémentaires

Deux variables complémentaires ont été renseignées dans le fichier :

- La méthode de tarissement : ont été affectées à la modalité « Comptage cellulaire » toutes les lactations dont la date de tarissement est antérieure au 3 avril 2019, les suivantes étant affectées à la modalité « CMT » ;
- Le type de traite : ont été affectées à la modalité « Monotraite » toutes les lactations dont la date de tarissement est postérieure au 4 janvier 2016, date à laquelle l'ensemble du troupeau est passé en monotraite. Les lactations dont la date de tarissement est antérieure à cette date ont été affectées à la modalité « Bitraite ».

Enfin, les dates de réalisation des test CMT et les résultats pour chaque quartier n'étant pas disponibles dans ALADIN, j'ai procédé à l'ajout de ces informations par une saisie manuelle après recherche de celles-ci dans les agendas et sur les feuilles de tarissement sur l'ensemble de la période 2004-2024. J'ai également effectué quelques saisies manuelles de données de comptage cellulaires manquantes en raison d'un retard d'intégration pris à la période du covid.

3.1.2.3 Choix des enregistrements conservés pour l'analyse

Seules les vaches présentant simultanément des résultats de CMT et de comptages cellulaires ont été conservées pour le traitement de données, ceci afin de pouvoir comparer l'impact de chaque méthode de tarissement sur l'usage d'antibiotiques sur la base des mêmes individus. Sur les 1690 lactations de départ, 1017 ont donc été éliminées en raison d'absence

de données CMT (Tableau I). Cela concerne en premier lieu tous les animaux réformés en fin de lactation, sans réelle procédure de tarissement. De plus, en effectuant la saisie des données de CMT, nous nous sommes rendus compte que la pratique systématique du test CMT au tarissement ne commence qu'au cours de l'année 2012. A cela s'ajoutent quelques lactations (7 au total) éliminées en raison d'une absence de données de comptages cellulaires. Ces dernières concernent principalement des vaches qui étaient nourrices (donc non traitées) ou qui n'ont pas démarré de lactation (pas suffisamment de lait à la traite pour avoir un échantillon à analyser) avant le tarissement.

A l'issue de ce 1^{er} tri, nous disposons de 666 lactations avec des données de tarissement exploitables. Toutefois, nous décidons d'en éliminer 36 supplémentaires correspondant à celles des années 2005-2006 et 2009 (Tableau I). En effet, sur ces 3 années, nous estimons que le nombre de tarissements exploitables est trop faible (respectivement 19%, 5% et 16%) au regard du nombre de tarissements réalisés sur l'année avec un risque de manque de représentativité.

Notre échantillon final comprend donc 630 lactations avec des données de tarissement exploitables pour simuler l'usage des antibiotiques selon que la décision de traiter se prend sur la base de la moyenne des comptages cellulaires des 5 derniers contrôles avant tarissement (désignée par le sigle CL au cours de l'analyse) ou sur la base des résultats du test CMT pratiqué le dernier jour de traite (désigné par le sigle CMT au cours de l'analyse).

Tableau I: Nombre de vaches éliminées pour le traitement de données en fonction de l'année et de la raison de l'élimination au regard du nombre total de lactations réalisées.

Année	Nombre lactation total	Nombre de vaches éliminées	Cause de première sélection		Pourcentage de vaches exploitables	Cause de deuxième sélection	Nombre de vaches exploitées
			Absence de données de CMT	Absence de données de comptage cellulaire		Nombre de CMT non représentatif	
2004	4	4	4	-	0	-	0
2005	88	88	71	-	19	17	0
2006	109	109	104	-	5	5	0
2007	102	102	102	-	0	-	0
2008	101	101	101	-	0	-	0
2009	88	88	74	-	16	14	0
2010	101	101	101	-	0	-	0
2011	118	118	118	-	0	-	0
2012	112	67	67	-	40	-	45
2013	84	30	30	-	64	-	54
2014	96	36	36	-	63	-	60
2015	87	42	42	-	73	-	45
2016	91	52	52	-	43	-	39
2017	62	25	25	-	60	-	37
2018	96	21	19	2	78	-	75
2019	57	8	7	1	86	-	49
2020	60	13	13	-	78	-	47
2021	82	27	26	1	67	-	55
2022	63	11	8	3	83	-	52
2023	78	16	16	-	80	-	62
2024	11	1	1	-	91	-	10
Total	1690	1060	1017	7	37	36	630

3.1.2.4 Homogénéisation des données

Les résultats obtenus pour la méthode CL et CMT vont être comparés pour les 630 vaches. Pour cela, ils doivent être convertis en codage binaire (1 lorsque le quartier est traité aux antibiotiques ou 0 lorsqu'il ne l'est pas) pour chaque quartier (A : avant droit, B : arrière droit, C : avant gauche, D : arrière gauche). Lorsqu'un trayon ne fournit pas de lait, il est inscrit « NF » pour non fonctionnel (Figure 4). Lorsqu'un pis contient que trois trayons fonctionnels alors cela correspond à 100% et donc un quartier représente 33% du pis. Les quartiers codés « NF » ne sont pas comptabilisés ni dans le total des quartiers, ni dans le dénombrement des quartiers traités ou pas, ce qui explique au niveau de l'analyse le nombre de quartiers totaux plus faible (n=2500) au regard de ce que nous aurions pu attendre, à savoir 630 vaches x 4 quartiers = 2520.

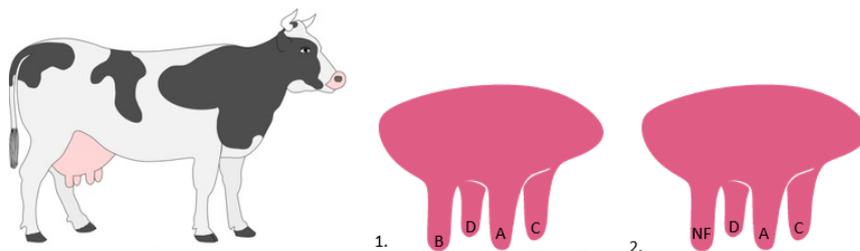


Figure 4 : Schéma d'une vache, 1. : Pis présentant quatre trayons fonctionnels, 2. : Pis présentant les trayons A, C et D fonctionnels et le trayon B non fonctionnel.

3.1.2.4.1 Codage pour la méthode de la moyenne cellulaire sur les 5 derniers contrôles

Seule la moyenne cellulaire des cinq derniers CL est effectuée puis exploitée pour la prise de décision pour le traitement de données, c'est-à-dire lorsque cette moyenne est supérieure à 300 000 cellules alors un 1 est ajouté à chaque quartier (A, B, C, D) fonctionnel sinon c'est un 0 (Figure 5).

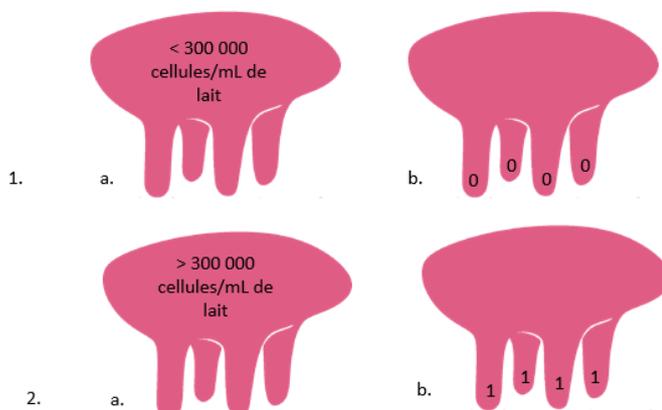


Figure 5: Exemple de résultats de comptage cellulaire, 1.a. les quartiers ne nécessitent pas d'antibiotiques ; 2.a. les quartiers nécessitent des antibiotiques ; 1 b et 2 b. Conversion du résultat du comptage cellulaire en résultats binaire.

3.1.2.4.2 Codage pour la méthode du Test CMT

Concernant les résultats de CMT, chaque quartier est traité individuellement. En effet, si le résultat de CMT est supérieur ou égal à 2, un 1 est ajouté au quartier correspondant, sinon c'est un 0 (Figure 6).

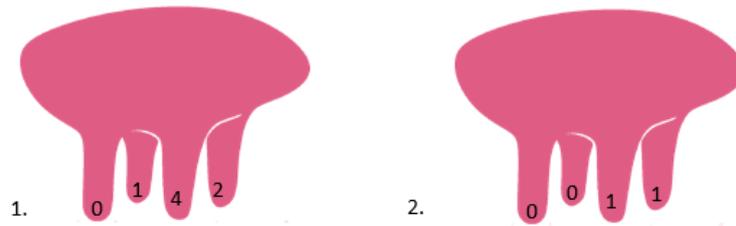


Figure 6:1. Exemple de résultats de CMT pour 4 quartiers fonctionnels ; 2. Résultat de CMT converti en résultat binaire.

3.1.2.4.3 Codage des vaches traitées

Afin de déterminer le nombre de lactations traitées aux antibiotiques par les méthodes CL et CMT, nous avons également procédé à un codage binaire des 630 lactations en appliquant la règle suivante à partir du codage binaire des quartiers de chacune des méthodes :

- La somme des quartiers est égale à 0 : aucun quartier n'a reçu d'antibiotique, la lactation est codée 0 (non traitée) ;
- La somme des quartiers est supérieure à 0 : au moins 1 quartier a reçu des antibiotiques, la lactation est codée 1 (traitée).

3.1.2.5 Production de graphiques

Afin d'optimiser la réalisation des graphiques, les résultats binaires des contrôles laitiers et des CMT ont été comparés dans leur ensemble sur la période de 2012 à 2024 en fonction de différents facteurs. Pour cela, le nombre de quartiers traités (A, B, C et D) est répertorié pour chaque méthode dans un tableau de dénombrement puis converti en pourcentage selon le critère sélectionné (nombre de lactation, durée de lactation, type de traite...).

De plus, une autre méthode est utilisée pour étudier plusieurs paramètres en même temps tels que la lactation et les races en fonction de la méthode. Pour cela, un tableau dynamique croisé a été réalisé et a conduit à un graphique.

3.1.2.6 Tests statistiques

A partir du tableau de dénombrement des vaches et des quartiers traités par chaque méthode, une analyse statistique a été réalisée afin de déterminer si les différences observées étaient significatives ou pas. Les valeurs sont considérées comme indépendantes bien que

certaines vaches reviennent plusieurs fois dans la base de données du fait de plusieurs lactations au cours de leur vie sur la ferme et appariées. Plusieurs tests ont été réalisés :

- Le test du Khi^2 pour tester l'homogénéité des fréquences des vaches traitées entre les deux méthodes. La règle de décision va permettre de répondre à l'objectif de départ, c'est-à-dire si H_0 est refusée alors la distribution des vaches traitées et non traitées n'est pas la même pour les deux méthodes, par conséquent le nombre de vaches traitées/non traitées par les deux méthodes est significativement différent ; dans le cas contraire H_0 est acceptée et cela signifie qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre de vaches traitées/non traitées par les deux méthodes.
- Le test de Wilcoxon III dans le but d'évaluer la similarité ou non des deux méthodes au niveau des quartiers traités., Ce test non paramétrique est utilisé du fait d'un effectif élevé de quartiers et que ce sont des données semi-quantitatives et permet de prendre une décision statistique. En effet, si H_0 est accepté alors il y a significativement plus de trayons traités par l'une des 2 méthodes, et il est possible de conclure que le nombre de quartiers traités par les deux méthodes est significativement différent. Dans un cas contraire, H_0 est acceptée et il n'y a aucune différence significative entre les deux méthodes étudiées.
- Le test de Student, dans l'objectif d'exploiter plus de données autre que des comparaisons des deux méthodes selon le nombre de vaches et de quartiers traités tels que la monotraite/double traite, le rang de lactation, une comparaison de moyennes est réalisée. Pour cela, la base de données est convertie en csv et introduite dans le logiciel RStudio. Le test de Student est alors envisagé avec comme hypothèse H_0 : les deux valeurs sont identiques. Afin que ce dernier soit applicable, les échantillons doivent être appariés, avec une distribution normale (test de normalité avec le test de Shapiro) et des variances non significativement différentes. L'ensemble des p-value doit être inférieur à 10^{-2} . Si ces conditions sont respectées alors le test de Student est appliqué. Dans un cas contraire, c'est le test non paramétrique de Wilcoxon III qui est utilisé.

Le résultat des tests statistiques permet de compléter les graphiques et d'y faire figurer trois étoiles (***) pour signifier que les valeurs sont différentes avec une probabilité à 95%.

4 Résultats et discussion

Le tableau de dénombrement récapitulé (Annexe7) le nombre d'animaux traités ou non pour chacune des 2 méthodes à l'échelle de l'ensemble de l'échantillon étudié mais également en fonction d'autres variables telles que le mode de traite, le numéro de lactation, ou la durée de lactation.

4.1 Quartiers et vaches traités selon les deux méthodes

Le nombre de vaches traitées selon la méthode CMT est supérieur par rapport à la méthode CL (322 vs 265) soit respectivement 51% et 42% d'animaux traités avec des antibiotiques au tarissement selon chacune des méthodes (Figure 7).

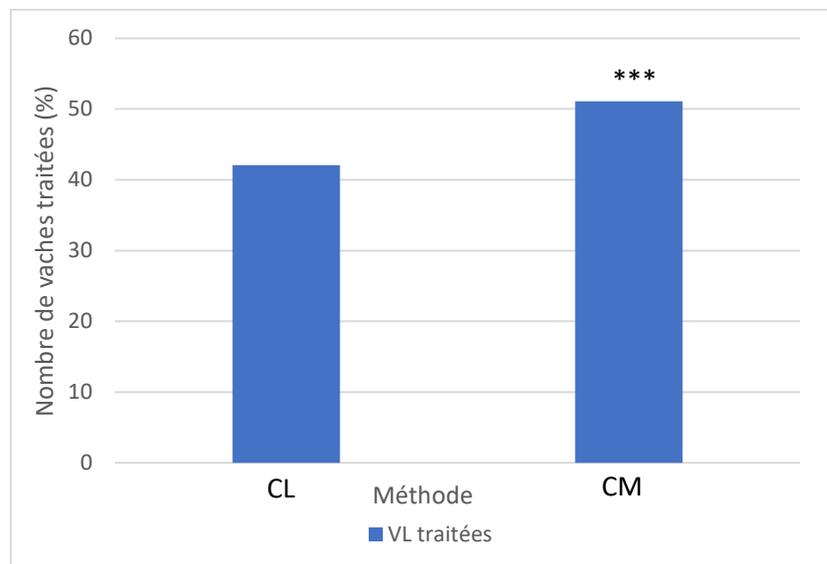


Figure 7: Valeurs moyennes des vaches traitées (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) à $p < 0.05$, $n = 630$ vaches.

Contrairement à l'objectif recherché, la méthode du CMT traite donc environ 10% d'animaux de plus que la méthode CL et cette différence est statistiquement significative. Cela peut s'expliquer par le fait que dans la méthode CL la décision de traitement se prend par rapport à un seuil issu des 4 quartiers confondus. La probabilité théorique de ne pas recevoir de traitement est donc de 50% (1 cas sur 2). Dans la méthode CMT, chaque quartier étant analysé individuellement, l'éventail des possibilités est plus grand allant de 0 à 4 quartiers traités. La probabilité théorique de ne pas recevoir de traitement s'en trouve donc mathématiquement plus faible, seulement 20% (1 cas sur 5). Ainsi, une vache présentant une moyenne cellulaire inférieure à 300 000 cellules par mL de lait ne sera pas traitée aux antibiotiques dans la méthode

CL alors qu'elle le sera par la méthode CMT dès lors qu'un seul quartier à un résultat supérieur à 1. C'est ce phénomène qui cause donc probablement la hausse des 10% de vaches traitées par la méthode CMT.

En revanche, lorsque l'on s'intéresse au nombre de quartiers traités, la méthode CMT entraîne une réduction significative par rapport à la méthode CL (776 vs 1049). Ainsi, avec la méthode CMT seulement 31% des quartiers reçoivent des antibiotiques contre près de 42% dans la méthode CL, soit une réduction de 11% des quartiers traités. Cette réduction est statistiquement significative et confirme l'objectif recherché par le changement de méthode de tarissement. (Figure 8).

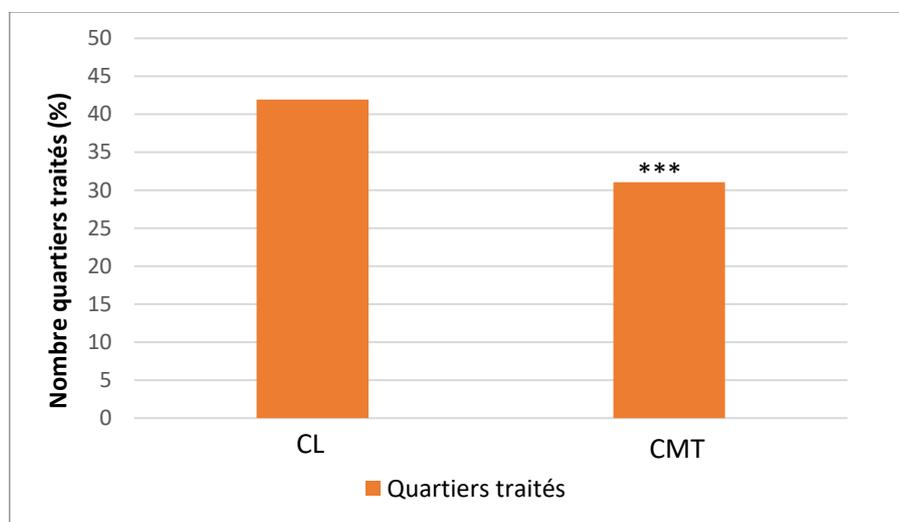


Figure 8: Valeurs moyennes de quartiers traités (%) pour la méthode de California Mastitis Test (CMT) et de contrôle laitier (CL), à $p < 0,05$, $n = 2500$ quartiers.

La méthode CMT se présente donc plus efficace en termes d'économie d'antibiotiques administrés dans les quartiers. Effectivement, par une détection d'infection par trayon, cela permet de mettre de côté les quartiers qui n'ont pas besoin de recevoir d'antibiotiques à cause d'une absence d'infection et de ne traiter que les trayons qui potentiellement pourraient développer une infection au moment même du tarissement ou durant la période sèche (Buttin, 2020). Le résultat obtenu confirme donc l'intérêt de la méthode CMT pour limiter l'administration d'antibiotiques au tarissement et par conséquent la diffusion de l'antibiorésistance dans les élevages.

D'après ces deux graphiques, il est préférable de s'intéresser prioritairement aux quartiers traités, puis aux vaches traitées lorsque cela se révèle pertinent. Cela permet notamment d'obtenir une meilleure représentativité des deux méthodes en matière d'économie d'antibiotiques.

4.2 Influence du mode de traite

Lorsque l'on prend en compte la variable du mode de traite, en monotraite, le nombre de quartiers traités reste significativement plus faible (623 vs 805) soit 37% pour la méthode CMT contre près de 48% pour la méthode CL (Figure 9). En revanche en double traite, malgré un nombre de quartiers traités plus faible avec la méthode CMT (153 vs 244), la différence n'est pas significative.

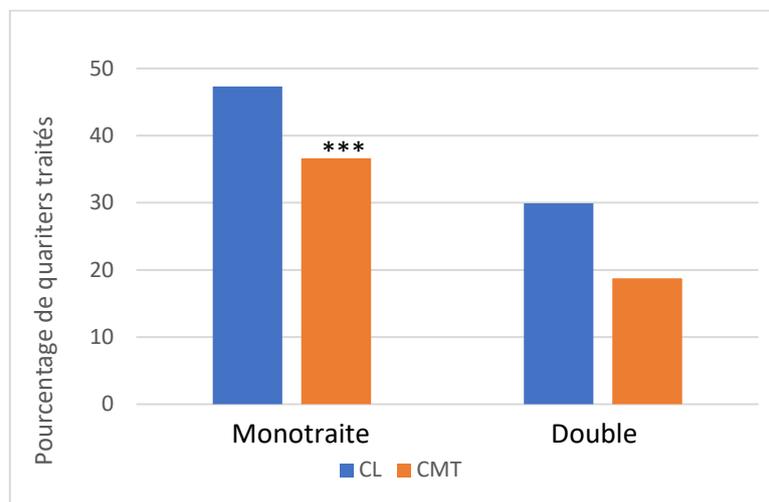


Figure 9: Valeurs moyenne des quartiers traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction du type de traite à $p < 0.05$, $n(\text{monotraite}) = 1691$ quartiers fonctionnels, $n(\text{double traite}) = 809$ quartiers fonctionnels.

L'absence de significativité sur la modalité double traite peut éventuellement s'expliquer par un effectif plus faible sur cette modalité.

Concernant le nombre de vaches traitées au tarissement par les deux méthodes de tarissement, dans les deux cas, la méthode CMT reste supérieure à la méthode CL sans pour autant que la différence soit statistiquement significative. (Annexe 7). De plus, il est observable que de manière générale, quelle que soit la méthode utilisée, la monotraite semble générer plus de quartiers traités que la double traite. Le changement de protocole au tarissement, c'est-à-dire

la prise de décision par le CMT se relève donc d'autant plus performant au niveau de la monotraite.

Bien que diminuant de moitié le risque d'infection par la trayeuse ou le trayeur, la monotraite permet aux bactéries de se développer en plus grand nombre du fait d'un temps de séjour du lait plus long au sein des quartiers. Cela rend alors la situation plus propice aux infections et au développement de mammites sur le long terme. (Les Mammites). A l'inverse, la double traite présente davantage de risques de contamination de la mamelle lors de la traite, en raison d'un nombre de traite plus important dans la journée. Néanmoins, cela évite une prolifération de bactéries dans les quartiers grâce à une vidange de lait plus régulière (Réseau GAB, fiche 30).

4.3 Influence du nombre de lactations

Le nombre de traitement entre les deux méthodes est dans l'ensemble identique en termes de traitement de vaches ou de leurs quartiers en fonction du nombre de lactations réalisées (Figure 10). On retrouve globalement les mêmes observations que celles faites dans les paragraphes précédents, à savoir moins de quartiers traités avec la méthode CMT et moins de vaches traitées avec la méthode CL.

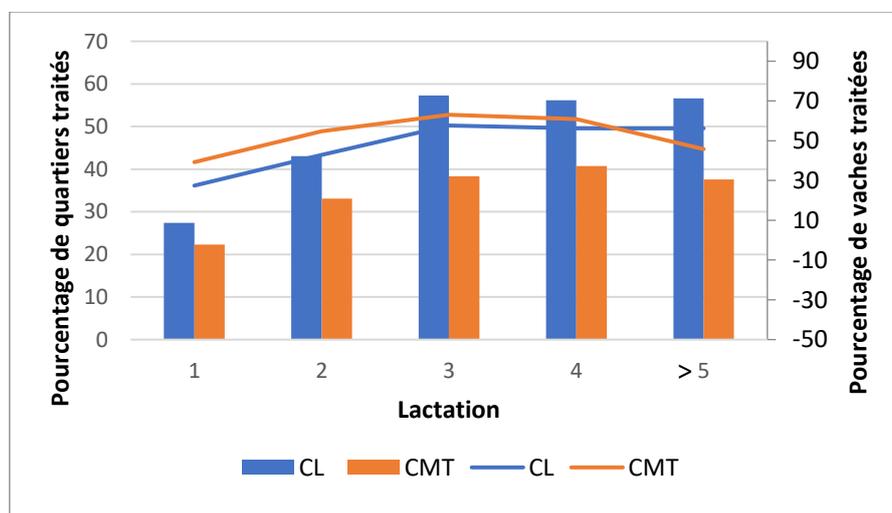


Figure 10: Valeurs moyennes de vaches et quartiers traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction du nombre de lactations réalisées par les vaches à $p < 0.05$; rang 1 : $n(\text{quartiers})=946$ et $n(\text{vaches})=237$; rang 2 : $n(\text{quartiers})=674$ et $n(\text{vaches})=170$; rang 3 : $n(\text{quartiers})=438$ et $n(\text{vaches})=111$; rang 4 : $n(\text{quartiers})=253$ et $n(\text{vaches})=64$; rang >5 : $n(\text{quartiers})=189$ et $n(\text{vaches})=48$.

De plus, on constate sur le graphique que plus la vache réalise de lactations, plus elle est susceptible d'être traitée. Cette observation concorde avec celle faite en élevage conventionnel, où le nombre de cellules somatiques présentes dans le lait montre une diminution de la proportion de mamelles saines et une augmentation des mamelles infectées au fur et à mesure que le rang de lactation augmente (Rémond et al. 1997). Cela représente donc environ 15% de mammites cliniques qui augmentent avec le rang de lactation.

Enfin la différence entre les 2 méthodes semble plus resserrée en 1ère et 2ème lactation et tend à s'accroître à partir de la 3ème lactation, sans pour autant être significative en raison très probablement d'effectifs relativement faibles sur ces modalités car de manière générale peu de vaches ne font des longues carrières. En effet, en 2021 en France, le rang moyen de lactation est de 2.5 d'après les résultats du contrôle laitier (Thomas et al, 2022).

4.4 Influence de la durée de lactation

Majoritairement, la durée de lactation n'a pas d'influence sur le nombre de quartiers traités, ni sur les vaches traitées. La durée de lactation comprise entre 300 et 400 jours présente toutefois une différence significative en termes de nombre de quartiers traités entre les deux méthodes (Figure 11). Cela peut s'expliquer par le fait que cette modalité correspond à la tranche de durée de lactation la plus classique et dispose donc d'un effectif élevé.

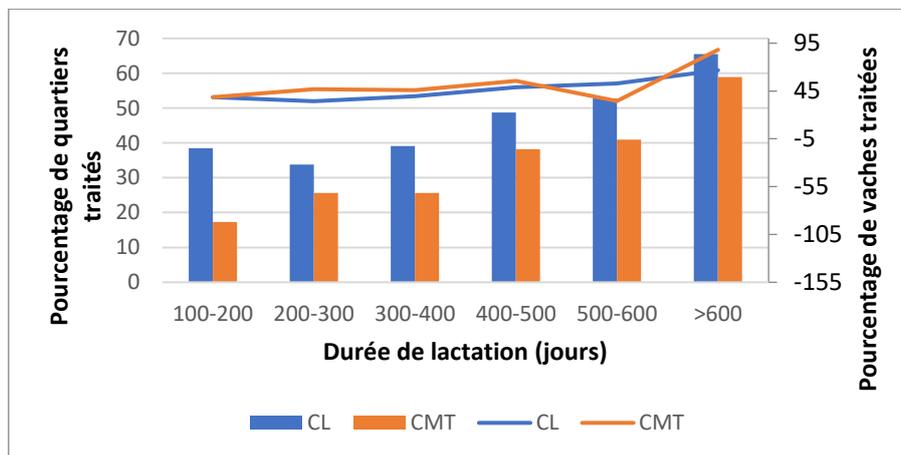


Figure 11: Valeurs moyennes des quartiers traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction du type de traite à $p < 0.05$, 100-200 jours : $n(\text{quartiers})=52$ et $n(\text{vaches})=13$; 200-300 jours : $n(\text{quartiers})=821$ et $n(\text{vaches})=207$; 300-400 jours : $n(\text{quartiers})=887$ et $n(\text{vaches})=223$; 400-500 jours : $n(\text{quartiers})=356$ et $n(\text{vaches})=90$; 500-600 jours : $n(\text{quartiers})=218$ et $n(\text{vaches})=55$; >600 jours : $n(\text{quartiers})=166$ et $n(\text{vaches})=42$.

On peut observer également que plus la durée de lactation est longue, plus le pourcentage de quartiers traités augmente.

Ceci peut s'expliquer par le fait que la lactation est la période où la vache se fait traire une ou deux fois par jour, ce qui augmente tous les jours un risque d'infection notamment au moment de la traite. En effet, la corrélation entre le développement de mammites et la durée de la lactation ont fait l'objet de nombreuses études et de recherche dans le domaine de la production de lait et de médecine vétérinaire (Scophy,2020 et Les mammites, j'anticipe).

4.5 Influence du type génétique sur la propension au traitement antibiotique au tarissement

Pour cette analyse, seules les vaches présentant au moins trois lactations au cours de leur vie sur la ferme ont été conservées, soit 103 vaches (58 Montbéliardes, 38 Prim-Holstein et seulement 9 Croisées) pour 295 lactations au total. Sur cet effectif, seulement 10 vaches n'ont jamais reçu de traitement au cours de l'ensemble de leurs lactations. A l'opposé, 20 vaches sont quasiment traitées à chacune de leurs lactations, le reste se répartissant à effectifs similaires entre les deux autres modalités (Figure 12).

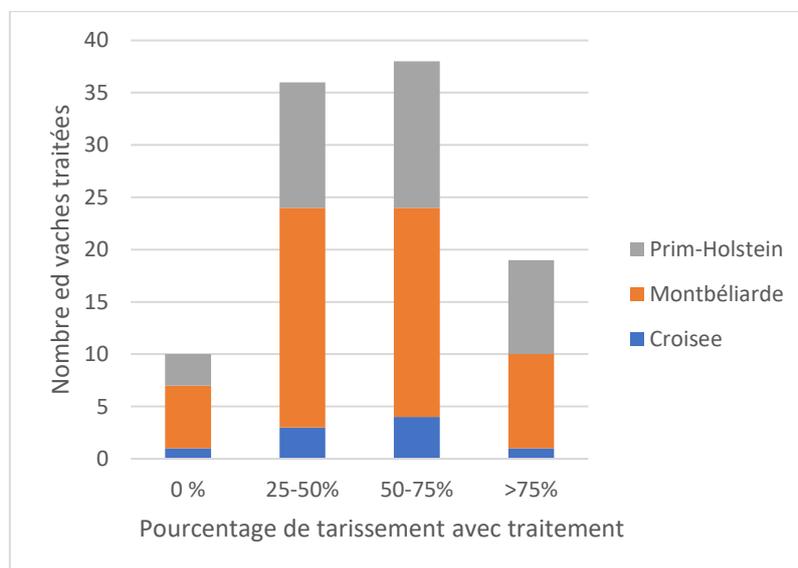


Figure 12: Valeurs moyennes du nombre de vaches traitées en fonction du pourcentage de lactations avec traitement et des races selon la méthode California Mastitis Test (CMT) à $p < 0.05$, $n(0\%) = 10$ vaches, $n(25-50\%) = 36$ vaches ; $n(50-75\%) = 38$ vaches, $n(100\%) = 19$ vaches.

A ce stade, il ne semble pas y avoir d'effet du type génétique car les trois sont représentés dans des proportions similaires au sein des différentes modalités. De plus, la part des animaux croisés reste encore relativement faible dans la mesure où les 1ers animaux croisés sont nés en 2017 et sont entrés en production au mieux en 2019. A ce jour, beaucoup d'entre eux n'ont pas encore eu l'occasion de faire leur 3^{ème} lactation. Il sera donc intéressant de refaire l'analyse ultérieurement lorsque les effectifs de vaches croisées seront plus importants, car l'amélioration de la rusticité (notamment une plus grande résilience vis-à-vis des infections mammaires) constitue l'une des attentes vis-à-vis du croisement.

5 Conclusion

Les différentes méthodes de tarissement sélectif, que ce soit par un comptage cellulaire grâce à un contrôle laitier (méthode CL) ou par un test CMT (Méthode CMT), ont pour objectif de réduire la consommation d'antibiotiques et son coût associé. Ainsi, le changement de protocole de tarissement a permis de mettre en évidence que la méthode CMT traite certes plus de vaches mais en contrepartie traite moins de quartiers (jusqu'à 10%) et donc engendre une diminution de l'usage des antibiotiques. De plus, cela montre également que la méthode du CMT est efficace au niveau du nouveau type de traite. Effectivement, lors du passage de la double traite à la monotraite, cette méthode se révèle très efficace dans l'objectif de réduire l'administration d'antibiotiques et par conséquent le coût. En effet, sur la période de 2012 à 2023, l'emploi d'un traitement systématique engendre un coût élevé pour le producteur (10 708,09 €, basé sur le prix à l'unité de 4,33 € en octobre 2023), par rapport à un traitement sélectif tel que le contrôle laitier (4 472,89 €). Cela représente donc une économie de 6 235,20 €, soit une économie de 566,84€/an (Annexe 9). Par ailleurs, la méthode du CMT permet un coût encore moindre pour le producteur, s'élevant à 3 308,12 €, soit une économie de 1 164,77 € supplémentaire par rapport au contrôle laitier. La méthode du traitement sélectif répond donc aux attentes du plan EcoAntibio, notamment avec le CMT, méthode qui semble particulièrement adaptée à la monotraite.

Ainsi, dans la poursuite de cette étude, il serait intéressant de voir si une vache traitée, est plus ou moins propice à être infectée de nouveau à la prochaine lactation. Mais aussi dans cette optique, de voir s'il existe une corrélation entre la génétique et les infections, c'est-à-dire que les vaches sensibles aux infections transmettent ou non leur sensibilité à leur descendance.

6 Bibliographie/ Sitographie :

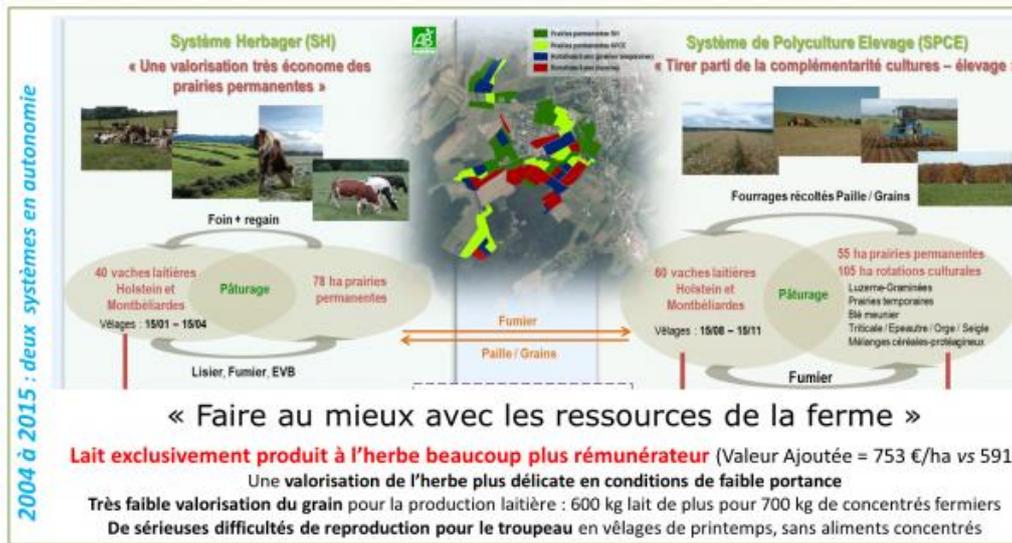
- « Accueil ». Consulté le 16 avril 2024. <https://aster.nancy.hub.inrae.fr/installation-experimentale/2004-a-2015-deux-systemes-en-autonomie>.
- « Accueil ». Consulté le 16 avril 2024. <https://aster.nancy.hub.inrae.fr/installation-experimentale/a-partir-de-2016-tempo>.
- INRAE, *Missions et organisation*, 2024
 - <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/Presentation-INRAE2024-FrBdefPlanches.pdf>
- Barde C., 2021, *Traitement des mammites aiguës et suraiguës*, la semaine Vétérinaire, n°1904.
- Bareille N., 2013, *Maîtriser les mammites avec moins d'antibiotiques : le traitement sélectif au tarissement*, Conférence « Prévenir et réduire les mammites en élevage laitiers bovins », une priorité pour la filière.
- Bouaziz O., 2020, *Etude générale des mammites des vaches laitières*, cours Pathologie de la reproduction, 2020-2021
- Bouzid R. et al., 2010, *Prévalence des mammites en élevage bovin laitier dans le Nord-Est algérien*, Faculté de médecine vétérinaire, Département des sciences cliniques, pôle ruminants porcs
- Buttin L., 2020, *Le tarissement sélectif au tarissement de la vache laitière : enjeux, intérêts, état des pratiques à l'étranger et en France*, Vetagro sup, campus vétérinaire de Lyon, thèses n°105.
- Chambre de l'Agriculture, *Le colostrum*, consulté le 13 mai 2024, https://lot.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/070_Inst-Lot/Documents/Arborescence/Productions_techniques/Elevage/Sante_animale/Maladies/ft-colostrum.pdf
- Chambre de l'Agriculture des Ardennes, *Faut-il vraiment traire les vaches toutes les 12 heures ?*, consulté le 14 mai 2024, <https://ardennes.chambre-agriculture.fr/techniques-et-innovations/elevage/les-reseaux-delevage/bovins-lait/systemes-laitiers-economes/faut-il-vraiment-traire-les-vaches-toutes-les-12h/>
- Chambre de l'Agriculture de Bretagne, 2010, *Traitement antibiotique au tarissement*, Acteur en élevage laitier, j'analyse, j'agis- Santé du troupeau.
- Charte des bonnes pratiques d'élevage, chapitre 2 : santé des animaux ; chapitre 4 : hygiène de la production du lait.

- « Connaître le fonctionnement du rumen chez le bovin ». Consulté le 13 mai 2024. <https://www.agrialpro.fr/blog/post/connaitre-le-fonctionnement-du-rumen-chez-le-bovin>.
- Coquil X., Brunet L., Hellec F., Pailler I. (2017). *Conception d'une conduite de génisses laitières sous vaches nourrices : pour une intensification écologique des systèmes d'élevage herbager ?* Fourrages, 231, 213- 222.
- Coquil X., Anglade J., Barataux F., Brunet L., Durpoix A., Godfroy M., 2019, *TEASER -lab : concevoir un territoire pour une alimentation saine, localisée et créatrice d'emplois à partir de la polyculture-polyélevage autonome et économe. La diversification des productions sur le dispositif expérimental ASTER-Mirecourt*, Innovations Agronomiques 72 (2019), 61-75.
- David V. Beaugrand F., Gay E., Bastien J., Ducrot C., 2019, *Évolution de l'usage des antibiotiques en filières bovines : état d'avancement et perspectives*, INRA Prod. Anim., 2019, 32 (2), 291-304.
- David V., Cremoux R., Roussel P., 2013, *le CMT ou test au teepol*, Institut de l'Élevage.
- Heinen J, 2019, *Le tarissement sélectif des vaches laitières : comment procéder en Belgique ?* liège université Library - https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/9675/7/HEINEN_Julia_TFE_FMV_juin2020_d%c3%a9finitif.pdf
- Hogeveen et al., 2011, *Traitement spécifique à la vache de la mammite clinique : une approche économique*, Journal de la science laitière, volume 94, numéro 1, pages 174-188.
- « Mammites » Consulté le 25 avril 2024. <https://www.eleveursdedemain.fr/detail-actualites/cellules-mammites/je-gagne-en-reactivite-grace-au-cmt.html>.
- Lactanet. 2023 « Contrôle laitier et analyse du lait ». Consulté le 13 mai 2024. <https://lactanet.ca/controle-laitier/>.
- « Les Mammites ». Consulté le 6 mai 2024. <https://www.sas-leroux.fr/index.php/infos-pratiques/les-mammites>, <https://www.as-leroux.fr/index.php/infos-pratiques/les-mammites>.
- Les mammites, j'anticipe ! « *Qu'est-ce qu'une mammite ? Explications !* » Consulté le 23 avril 2024. <https://les-mammites-j-anticipe.com/informations/qu-est-ce-qu-une-mammite/>.

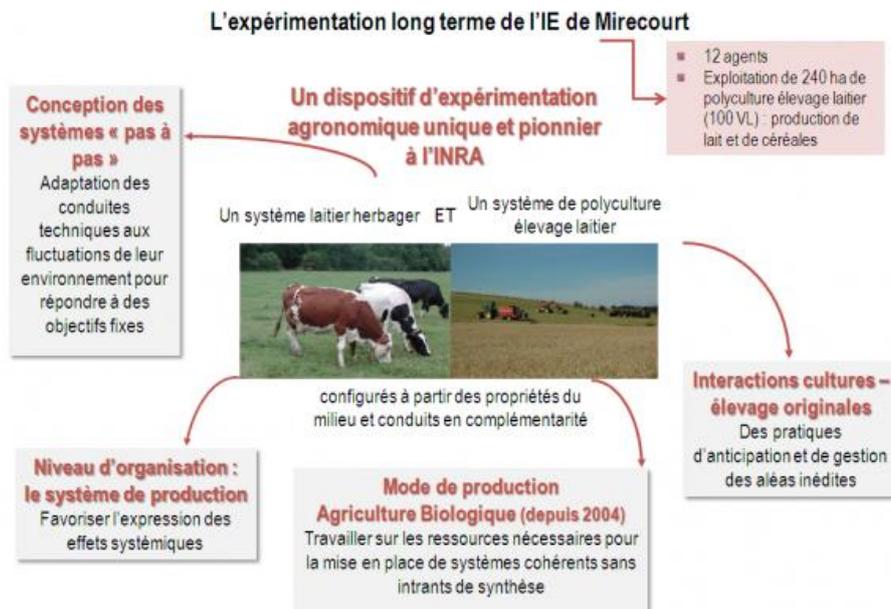
- Les mammites, j’anticipe ! « Résoudre les mammites », Consulté le 24 mai 2024, <https://les-mammites-j-anticipe.com/informations/resoudre-les-mammites/>
- Ministère de l’Agriculture et de la souveraineté alimentaire, 2023, *Ecoantibio 3 : réduire les risques d’antibiorésistance et promouvoir le bon usage des antimicrobiens en médecine vétérinaire (plan national 2023-2028)*.
- Lollivier, Vanessa, Pierre Levallois, M A Dunoyer, Cyril Urlande, C Tocze, et al. « *Traitement sélectif au tarissement chez la vache laitière : des besoins des éleveurs à la conception d’une démarche d’accompagnement* », 26. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (3R 2022), INRAE ; idele, Dec 2022, Paris, France. pp.411-414. Hal-03999373.
- Phibro Corporation, Animal Health. « Mammite chez les vaches laitières | Phibro ». Consulté le 6 mai 2024. <https://europe.pahc.com/fr/les-defis/mammite>.
- Puech, T, A Durpoix, B Autret, L Brunet, D Foissy, et P Guillemain. « *Construction et implications de l’autonomie protéique fourragère dans un système de polyculture-élevage diversifié.* », 2023.
- Puech, Thomas, et Laurent Brunet. « *Élever des génisses laitières sous vaches nourrices : une voie à explorer pour un vêlage 24 mois en système exclusivement herbager* », 2022.
- Rémond B. ; Kérouanton J. ; Brocard V., 1997, *Effets de la réduction de la durée de la période sèche ou de son omission sur les performances des vaches laitières*, INRA Prod. Anim., 10 (4), 301-315.
- Réseau GAB/FRAB, les fiches techniques, 2022, *Le tarissement des vaches laitières*, fiche n°28.
- Réseau GAB/FRAB, les fiches techniques, *Passer à la monotraite*, fiche n°30.
- Réseau Mammite, 2020. *Le test de mammite de Californie (CMT)*. <http://www.reseaumammite.org/tactic/wp-content/uploads/2020/05/Fiche-CMT.pdf>.
- Réseau Mammite. « *Réseau canadien de recherche sur la mammite bovine et la qualité du lait (RCRMBQL)* ». Consulté le 3 mai 2024. http://www.reseaumammite.org/bacteries_mammite/.
- Roussel, P, N Bareille, D Ribaud, F Serieys, A Robert, M Le Guenic, H Baudet, B Poutrel, H Seegers, et V Heuchel. « *Utilisation des concentrations cellulaires du lait pour le choix des vaches à traiter au tarissement.* », 2006.

- Schepers AJ. et al., 1997, *Estimation des composantes de la variance pour le nombre de cellules somatiques afin de déterminer les seuils pour les quartiers non infectés*, Journal de la science laitière, volume 80, numéro 8, pages 1833-1840.
- Scherpenzeel et al., 2016, « *Quels sont les intérêts économiques du tarissement sélectif ?* ».
- Scohy D., 2020, « *D'un élevage à l'autre, de grosses disparités dans les pratiques de tarissement* », Période sèche des vaches laitières, Web-agri, <https://www.web-agri.fr/tarissement/article/169298/d-un-elevage-a-l-autre-de-grosses-disparites-dans-les-pratiques-de-tarissement>, consulté le 24 mai 2024.
- Serieys F., 1997, *Le tarissement des vaches laitières : une période-clé pour la santé, la production et la rentabilité du troupeau.*, France Agricole Edition.
- « *Tarissement : les cinq étapes incontournables pour passer au traitement sélectif / Réussir lait* », 12 avril 2024. <https://www.reussir.fr/lait%2F/cinq-etapes-incontournables-pour-passer-au-traitement-selectif>.
- Thomas G. Astruc J-M, Bourguignon X, 2022. « *Résultats de contrôle laitier* », France 2021, Institut de l'élevage [en ligne], Consulté le 24 mai 2024 sur : <https://idele.fr/detail-article/resultats-de-contrôle-laitier-france-2021>
- Tr, Ni. « *TARISSEMENT DES VACHES LAITIÈRES* », s. d.
- « Trayon - Définitions, synonymes, prononciation, exemples | Dico en ligne Le Robert ». Consulté le 6 mai 2024. <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/trayon>.
- Tesfaye, B., 2018. *Review on California Mastitis Test (CMT)*. Vet. Sci. Res. 3,3p
- Web-agri.fr. « *Un incontournable de la santé mammaire au tarissement* ». Consulté le 23 avril 2024. <https://www.web-agri.fr/les-obturateurs-au-tarissement/article/731035/un-incontournable-de-la-sante-mammaire-au-tarissement>.
- Zoetis, *Les mammites*, Consulté le 13 mai 2024, <https://www2.zoetis.fr/pathologies/bovins/mammites>.

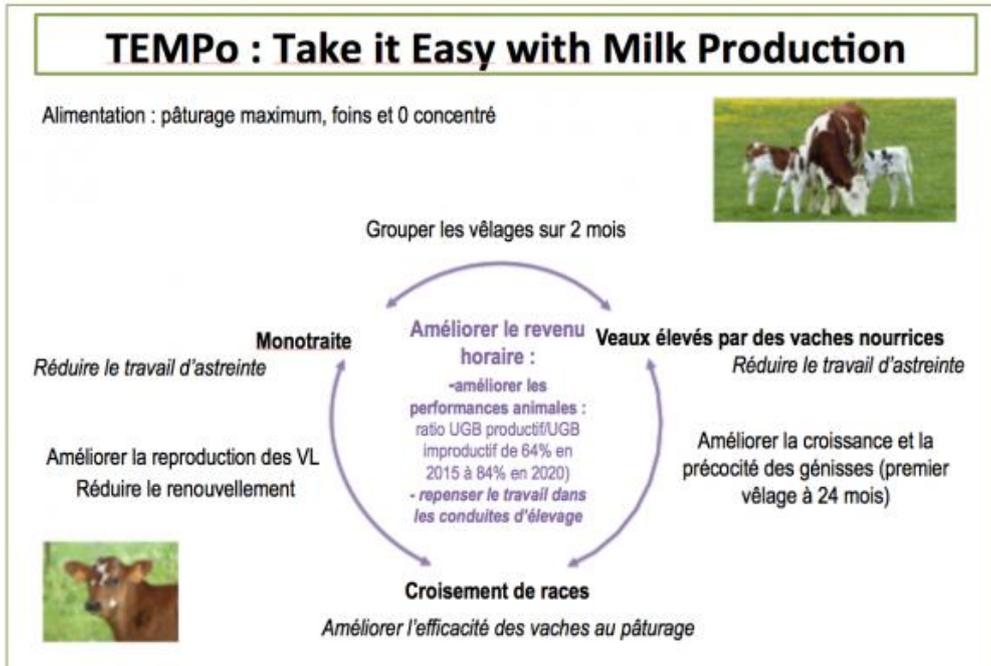
7 Annexes



Annexe 1: deux systèmes en autonomie (2004-2015), site internet INRAE



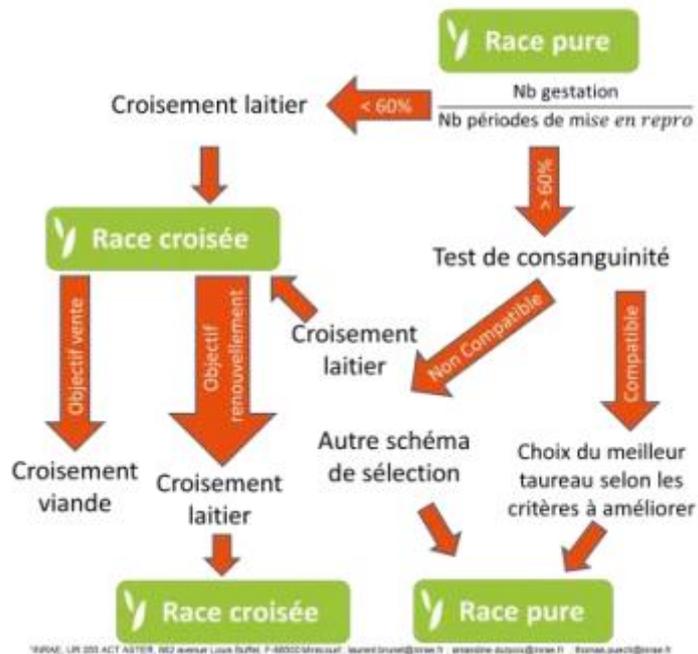
Annexe 2: L'Expérimentation long terme de l'IE de Mirecourt, site internet INRAE



Annexe 3: Projet TEMPO de 2016 à aujourd'hui, site internet INRAE

Stratégie d'accouplement des vaches laitières sur l'IE ASTER de Mirecourt

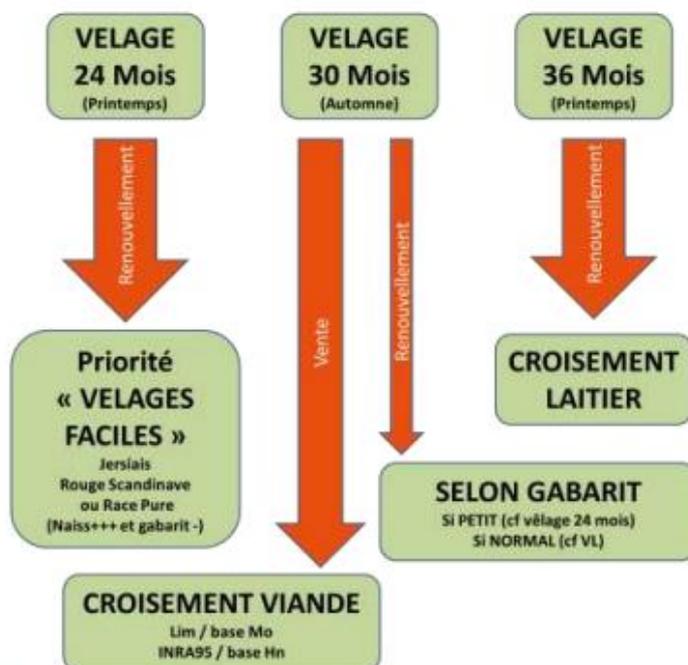
Laurent Brunet, Amandine Durpoix, Thomas Puech¹



Annexe 4: Stratégie d'accouplement des vaches laitières sur l'IE ASTER de Mirecourt, site internet INRAE

Stratégie d'accouplement des génisses laitières sur l'IE ASTER de Mirecourt

Laurent Brunet, Amandine Durpoix, Thomas Puech'



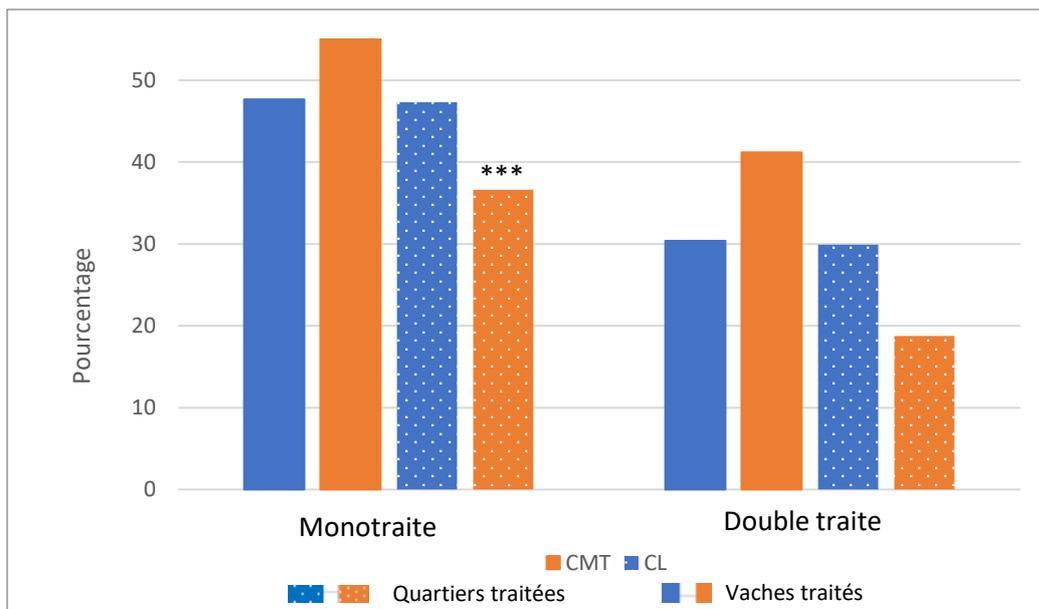
*Annexe 5: Stratégie d'accouplement des génisses laitières sur l'IE ASTER de Mirecourt, site
Internet INRAE*

Annexe 6: Note attribuée au CMT selon l'aspect du gel obtenu (Institut de l'élevage, 2013 ; Réseau Mammite, 2020 ; 2018).

	Aspect du gel	Note	Interprétation (cellules/mL de lait)
	Mélange liquide et homogène, la coupelle se vide gouttes à goutte	0	0 – 200 000
	Mélange légèrement visqueux, la réaction est réversible, la viscosité tendant à disparaître	1	150 000 – 500 000
	Léger gel persistant avec filaments grumeleux	2	400 000 - 1 500 000
	Formation d'un gel qui tend à se retrouver au centre de la coupelle s'il y a un mouvement de rotation. Le gel recouvre le fond de la coupelle si on arrête de tourner. Si on verse le mélange, la masse gélatineuse tombe et peut laisser du liquide dans la coupelle.	3	800 000 – 5 000 000
	Formation d'un gel qui n'adhère pas au pourtour mais au fond de la coupelle. Si on verse le mélange, celui-ci tombe d'un coup sans laisser de liquide	4	>5 000 000

Annexe 7: Nombre de vaches et de quartiers traités en fonction de la méthode utilisée et des différents facteurs.

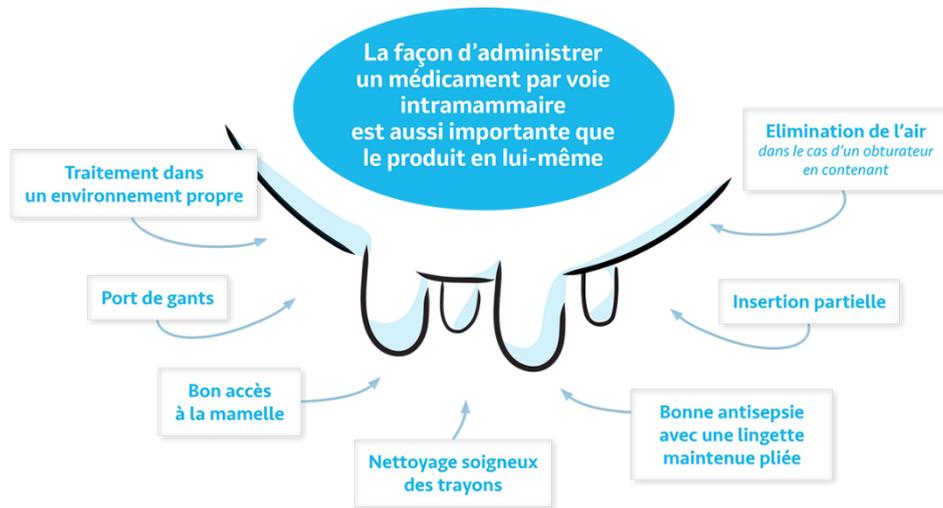
		Contrôle laitier				CMT			
		Vaches		Quartiers		Vaches		Quartiers	
		Traitées	Non traitées	Traités	Non traités	Traitées	Non traitées	Traités	Non traités
Général		265	365	1049	1451	322	308	776	1724
Mode de traite	Monotraite	203	223	805	886	238	188	623	1068
	Double traite	62	142	244	565	84	120	153	656
Numéro lactation	1	65	172	259	687	93	144	211	735
	2	73	97	290	384	93	77	223	451
	3	64	47	251	187	70	41	168	270
	4	36	28	142	111	39	25	103	150
	>5	27	21	107	82	22	26	71	118
Durée de lactation (jours)	100-200	5	8	20	32	5	8	9	43
	200-300	71	136	279	547	97	110	212	614
	300-400	88	135	349	543	102	121	229	663
	400-500	44	46	175	184	50	40	137	222
	500-600	29	29	116	104	31	24	90	130
	>700	28	14	110	58	37	5	99	69



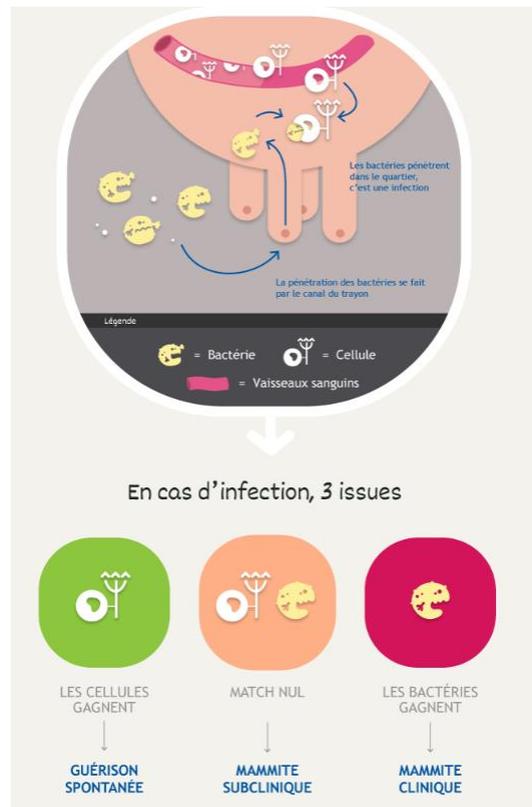
Annexe 8: Valeurs moyennes des vaches et des quartiers traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction du type de traite à $p < 0,05$.

Année	Traitement systématique		Traitement sélectif		Economie (€ HT)	Traitement sélectif		Economie (€ HT)
	Nombre de quartiers traités	Coût injecteurs (€ HT)	Contrôle laitier			CMT		
			Nombre de quartiers traités	Coût injecteurs (€ HT)		Nombre de quartiers traités	Coût injecteurs (€ HT)	
2012	178	770,74	27	116,91	653,83	32	138,56	-21,65
2013	216	935,28	86	372,38	562,9	48	207,84	164,54
2014	238	1030,54	83	359,69	671,15	38	164,54	194,85
2015	180	779,4	48	207,84	571,56	35	151,55	56,29
2016	156	675,48	60	259,8	415,68	38	164,54	95,26
2017	148	640,84	20	86,6	554,24	42	181,86	-95,26
2018	300	1299	122	528,26	770,74	70	303,1	225,16
2019	196	848,68	144	623,52	225,16	81	350,73	272,79
2020	188	814,04	108	467,64	346,4	70	303,1	164,54
2021	219	948,27	105	454,64	493,62	90	389,7	64,95
2022	208	900,64	107	463,31	437,33	101	437,33	25,98
2023	246	1065,18	123	532,59	532,59	119	515,27	17,32
Total	2473	10708,09	1033	4472,89	6235,2	764	3308,12	1164,77

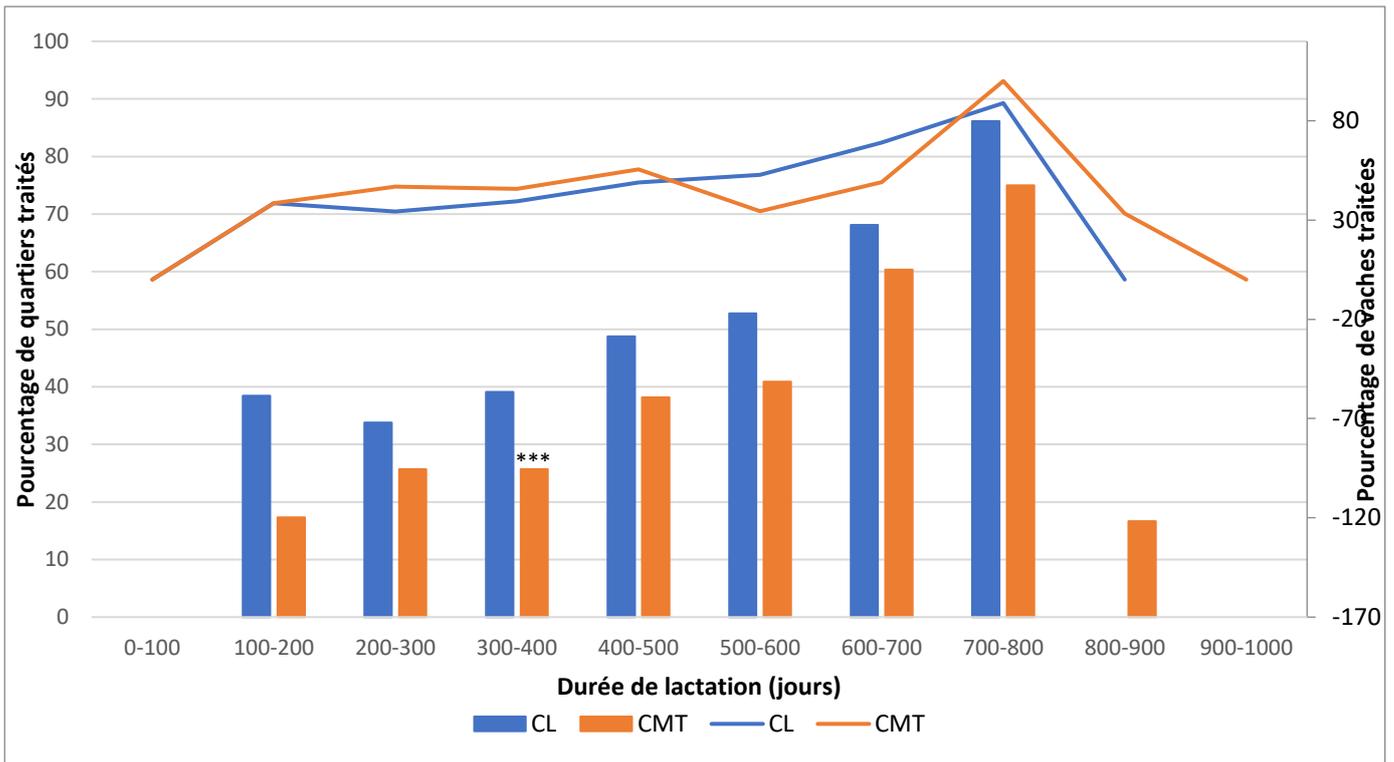
Annexe 9: Coût moyen annuel des différents traitements et les économies associées.



Annexe 10: Façon d'administrer un médicament par voie intra mammaire, (source : les Mammites, j'anticipe !).



Annexe 11: Trois types d'infection (source : les Mammites, j'anticipe !).



Annexe 12: Valeurs moyennes des quartiers et des vaches traités (%) pour la méthode California Mastitis Test (CMT) et du contrôle laitier (CL) en fonction de la durée de lactation à $p < 0,05$.

7.1 Photos prises lors de mon stage



Photographie 1 : Salle de traite



Photographie 2: Vache branchée pour la traite



Photographie 3: Prélèvement de 2 mL de lait par quartier pour un CMT



Photographie 4: Insertion de 2 mL de réactif pour un CMT



Photographie 5: Réactif avec le lait lors d'un CMT



Photographie 6: Résultats CMT après agitation, quartier D niveau 3, quartiers A, B et C niveau 2.



Photographie 7: Résultats d'un autre CMT, tous les quartiers niveau 0.



Photographie 8: Flaçon propre à chaque vache pour le contrôle laitier.



Photographie 9: Support pour les flacons du contrôle laitier.



Photographie 10: Récupération échantillon de lait lors de la traite pour le contrôle laitier.



Photographie 11: Récupérateur d'échantillon de lait et prélèvement dans le flacon correspondant à la vache.

8 Résumé

Face aux événements sanitaires et politiques durant ces dernières années, l'usage des antibiotiques s'est invité au cœur des débats sociaux et politiques. L'antibiorésistance devient un problème sanitaire mondial qui ne cesse de croître au cours des années. En élevage bovin laitier, les éleveurs utilisent les antibiotiques pour traiter des maladies et parfois de manière systématique notamment lors du processus de tarissement, afin de s'assurer que la vache ne déclenche pas de mammites à l'arrêt de la traite et au cours de la période sèche. Cependant, cette pratique traite toutes les vaches y compris celles considérées comme saines. Des traitements sélectifs au tarissement ont donc été proposés afin de réduire cette consommation d'antibiotiques en ne traitant uniquement que les quartiers ou les animaux infectés, sur la base d'un comptage cellulaire (CL) ou bien d'un California Mastitis Test (CMT). Il a été testé l'effet de ces deux méthodes sur la consommation d'antibiotique à partir des données disponibles sur le troupeau expérimental bovin de l'Institut National de recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE) de Mirecourt, et notamment à l'occasion du passage du troupeau à la monotraite. La méthode CMT apparaît comme la plus économe en matière d'utilisation d'antibiotique (moins de quartiers traités), en particulier en monotraite, bien que le nombre de vaches recevant de l'antibiotique soit plus important. Ce mode de traitement présente donc des intérêts certains du point de vue de la consommation d'antibiotiques de la limitation de l'antibiorésistance mais également financier pour les éleveurs.

In the face of health and political events in recent years, the use of antibiotics has been at the heart of social and political debates. Antibiotic resistance is becoming a global health problem that continues to grow over the years. In dairy farming, farmers use antibiotics to treat diseases and sometimes systematically during the drying process, to ensure that the cow does not cause mastitis at the end of milking and during the dry period. However, this practice treats all cows including those considered healthy. Selective dry-off treatments have therefore been proposed to reduce this consumption of antibiotics by treating only infected quarters or animals, based on a cell count (CL) or a California Mastitis Test (CMT). The effect of these two methods on antibiotic consumption was tested using data available on the bovine experimental herd of the National Research Institute for Agriculture, Food and the Environment (INRAE) in Mirecourt, and especially on the occasion of the passage of the herd to the once-milking. The CMT method appears to be the most economical in terms of antibiotic use (fewer treated quarters), particularly in once-milking, although the number of cows receiving antibiotics is higher. This mode of treatment therefore has certain interests from the point of view of the consumption of antibiotics, of the limitation of the antibiotic resistance but also financial for the breeders.