

## **CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2023 - Thèse n° 035

### **EVOLUTION DES METHODES DE STERILISATION CHIRURGICALE CHEZ LA VACHE LAITIERE, TECHNIQUES ET MOYENS POUR CONCILIER IMPERATIFS DE BIEN-ÊTRE ET MINORATION DES RISQUES PER ET POST-OPERATOIRES**

## **THESE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1  
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 8 septembre 2023  
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

BOISDON Antoine



## **CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2023 - Thèse n° 035

# **ÉVOLUTION DES MÉTHODES DE STÉRILISATION CHIRURGICALE CHEZ LA VACHE LAITIÈRE, TECHNIQUES ET MOYENS POUR CONCILIER IMPÉRATIFS DE BIEN-ÊTRE ET MINORATION DES RISQUES PER ET POST-OPÉRATOIRES**

## **THÈSE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1  
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 8 septembre 2023  
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

BOISDON Antoine



## Liste des enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (20-03-2023)

Pr	ABITBOL	Marie	Professeur
Dr	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Pr	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Dr	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Pr	BECKER	Claire	Professeur
Dr	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Dr	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
Pr	BENOIT	Etienne	Professeur
Pr	BERNY	Philippe	Professeur
Pr	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur
Dr	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
Dr	BRUTO	Maxime	Maître de conférences
Dr	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
Pr	BUFF	Samuel	Professeur
Pr	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
Dr	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
Pr	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Pr	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
Pr	CHABANNE	Luc	Professeur
Pr	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
Dr	CHANOIT	Gullaume	Professeur
Dr	CHETOT	Thomas	Maître de conférences
Pr	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Professeur
Pr	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Pr	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Dr	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
Dr	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
Dr	GALIA	Wessam	Maître de conférences
Pr	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
Dr	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Dr	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Dr	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Dr	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	JUNOT	Stéphane	Professeur
Pr	KODJO	Angeli	Professeur
Dr	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Dr	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Dr	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Pr	LE GRAND	Dominique	Professeur
Pr	LEBLOND	Agnès	Professeur
Dr	LEDoux	Dorothée	Maître de conférences
Dr	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Dr	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
Dr	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
Pr	LEPAGE	Olivier	Professeur
Pr	LOUZIER	Vanessa	Professeur
Dr	LURIER	Thibaut	Maître de conférences
Dr	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
Pr	MARCHAL	Thierry	Professeur
Dr	MOSCA	Marion	Maître de conférences
Pr	MOUNIER	Luc	Professeur
Dr	PEROZ	Carole	Maître de conférences
Pr	PIN	Didier	Professeur
Pr	PONCE	Frédérique	Professeur
Pr	PORTIER	Karine	Professeur
Pr	POUZOT-NEVORET	Céline	Professeur
Pr	PROUILLAC	Caroline	Professeur
Pr	REMY	Denise	Professeur
Dr	RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
Pr	ROGER	Thierry	Professeur
Dr	SAWAYA	Serge	Maître de conférences
Pr	SCHRAMME	Michael	Professeur
Pr	SERGENTET	Delphine	Professeur
Dr	TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Dr	VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
Dr	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	ZENNER	Lionel	Professeur



## **Remerciements au jury**

### **À Monsieur le Professeur Pierre COCHAT**

De l'université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de Médecine de Lyon,  
Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,  
Mes hommages respectueux.

### **À Monsieur le Docteur Thibaut LURIER**

De Vetagro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,  
Pour la bienveillance tout au long de ce travail et avoir eu la patience de relire ce  
manuscrit,  
Ma plus profonde gratitude.

### **À Monsieur le Docteur Pierre Bruyère**

De Vetagro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,  
Pour avoir apporté son soutien depuis le commencement du projet,  
Mes sincères remerciements.



## Table des matières

<b>Liste des annexes</b> .....	11
<b>Liste des figures</b> .....	13
<b>Liste des tableaux</b> .....	15
<b>Liste des abréviations</b> .....	17
Introduction.....	19
Partie 1 : Etude bibliographique de la stérilisation chez la vache, des techniques et intérêts.....	21
I. Intérêts zootecniques et sanitaires de la stérilisation.....	21
1. Lactation.....	21
a. Physiologie de la lactation.....	21
b. Intérêt pour la lactation .....	22
2. Engraissement .....	25
a. Physiologie de l'engraissement.....	25
b. Intérêt pour l'engraissement.....	25
3. Présentation des indications thérapeutiques et intérêt sanitaire .....	26
a. Indications thérapeutiques .....	26
b. Intérêt vis-à-vis des affections liées à la reproduction.....	27
c. Disparition des chaleurs, de leurs manifestations et des accidents liés .....	27
II. Techniques de stérilisation.....	28
1. Rappels anatomiques et physiologiques chez la vache.....	28
a. Anatomie de l'appareil génital et de ses rapports avec les autres appareils.....	28
b. Physiologie de la reproduction.....	32
2. Présentation des différentes voies d'abord, de leurs intérêts et inconvénients .....	33
a. Laparotomie gauche ou droite .....	34
b. Abord vaginal.....	35
i) Principe de l'abord vaginal .....	35
ii) Ouverture du fornix dorsal du vagin .....	35
iii) Intérêt de la voie d'abord vaginale .....	39
c. Voie inguinale.....	40
3. Techniques pour retirer ou provoquer l'ischémie des ovaires .....	42
a. Méthode « écrou élastique » .....	42
b. Pince Duclos.....	43
c. Ovariectomie de Willis.....	44
d. Autres méthodes .....	45
4. Méthodes de stérilisation non chirurgicales .....	46

a.	Dispositifs intra-utérins .....	46
b.	Immunocastration .....	47
III.	Effets indésirables des techniques et leur prise en charge .....	48
1.	Contre-indications et complications per/post opératoires .....	48
a.	Cas de contre-indications de la stérilisation.....	48
b.	Principales complications et leur gestion.....	48
i)	Accidents peropératoires .....	48
ii)	Complications postopératoires .....	49
2.	Douleur per/post opératoire et inflammation .....	49
a.	Définition de la douleur.....	49
b.	Dimension physiologique de la douleur .....	49
3.	Méthodes de mesure de la douleur dans le cadre de la stérilisation chirurgicale .....	50
a.	Mesures du comportement de la vache .....	50
b.	Mesure des paramètres physiologiques .....	52
4.	Moyens d'analgésie utilisables chez la vache dans le cadre de la stérilisation.....	52
a.	Anesthésie locale ou locorégionale.....	52
b.	Analgésie par voie systémique .....	53
	Partie 2 : Expérimentation .....	55
I.	Introduction.....	55
II.	Matériel et méthodes.....	56
1.	Choix des animaux.....	56
2.	Procédure chirurgicale .....	57
3.	Prélèvements et mesures.....	58
a.	Examen clinique et observation comportementale .....	58
b.	Cytologie vaginale .....	62
4.	Définition des complications .....	62
5.	Analyse statistique .....	63
III.	Résultats .....	63
1.	Population d'étude.....	63
2.	Retour des éleveurs sur l'intervention.....	63
3.	Evolution des paramètres au cours du suivi.....	64
a.	Evolution de la répartition des températures rectales .....	64
b.	Evolution de la répartition des taux d'haptoglobine.....	65
c.	Répartition des taux de polynucléaires sur les cytologies vaginales.....	66
d.	Description de l'éthogramme.....	67
i)	Répartition des comportements observés en fonction du suivi .....	67

ii)	Carte des facteurs.....	69
4.	Corrélation entre les différents types de complications et recherche de facteurs prédictifs de complications .....	72
a.	Corrélation entre les complications cliniques, biologiques et cytologiques .....	72
i)	Corrélation entre les mesures réalisées à J0.....	72
ii)	Corrélation entre les mesures réalisées à J0 et à J3 :.....	73
iii)	Corrélation entre les mesures réalisées à J3 :.....	78
iv)	Recherche de facteurs prédictifs de complication .....	79
5.	Sensibilité et spécificité de ces tests .....	81
a.	Pour prédire des complications cliniques .....	81
b.	Pour prédire des complications biochimiques .....	82
IV.	Discussion .....	83
1.	Constitution d'un unique lot .....	83
2.	Etude du protocole expérimental .....	83
a.	Taille de l'échantillon.....	83
b.	Comparaison des taux de complication avec d'autres études.....	83
c.	Absence d'antibiothérapie préventive.....	84
d.	Suivi des animaux et mesures .....	85
3.	Modifications comportementales associées à la stérilisation des bovins .....	86
a.	Biais présents.....	86
b.	Comportement de soulagement : Queues relevées .....	86
4.	Effets de la stérilisation sur l'inflammation et mise en relation avec les mesures effectuées 87	
a.	Augmentation de l'haptoglobine .....	87
b.	Prévision de complications.....	87
	Conclusion .....	89
	Bibliographie.....	91
	Annexes .....	95



## Liste des annexes

Annexe 1 : Consentement au projet .....	95
Annexe 2 : Fiche d'information du projet d'évaluation d'un protocole de stérilisation chirurgicale de vache laitière à destination des éleveurs .....	96
Annexe 3 : Graphiques de l'analyse multivariée .....	97



## Liste des figures

Figure 1 : Courbe de lactation standard de la vache (d'après Delage, Leroy et Poly 1953).....	22
Figure 2 : Mesure de l'activité de la MMP2 dans le lait via la zymographie. Une bande zymographique correspondant à l'activité de la MMP2 a été identifiée à 57 kDa. Chaque bande correspond à une vache. « Sham » correspond aux vaches ayant une opération factice et « Ovx » les vaches ayant été stérilisées. L'intensité des pixels est exprimée en moyenne $\pm$ erreur standard de la moyenne (SEM) (Yart et al. 2012).....	23
Figure 3 : L'apoptose dans la glande mammaire a été évaluée par Western blot en quantifiant le niveau de la protéine poly (ADP-ribose) polymérase (PARP), normalisé par l'actine. Le niveau de PARP à l'abattage est comparé à son expression à deux mois de lactation avant l'ovariectomie. « Sham » correspond aux vaches ayant une opération factice et « Ovx » les vaches ayant été stérilisées. La quantification relative de la PARP est présentée sous forme de moyenne $\pm$ SEM (Yart et al. 2012)...	24
Figure 4 : conformation intérieure de l'appareil génital d'une vache nullipare (en rouge le fornix dorsal du vagin) (Barone 2001) .....	29
Figure 5 : Schéma des appareils de l'abdomen caudal chez la vache (Niehaus 2022).....	30
Figure 6 : vascularisation de l'appareil génital de la vache (Niehaus 2022).....	31
Figure 7 : Schéma des vagues folliculaires du cycle de la vache : en jaune les corps jaunes, en violet les follicules (d'après S. Chastant-Maillard 2006) .....	32
Figure 8 : ciseaux de Krebs (illustration personnelle) .....	36
Figure 9 : schéma expliquant la bonne façon de réaliser un pli pour une ponction du fornix dorsal du vagin .....	37
Figure 10 : Kimberling-Rupp Spay Tool (Nicolas Courdent) .....	39
Figure 11 : Matériel spécifique à la méthode écrou-élastique(Quentin 2003).....	43
Figure 12 : Pince Duclos (illustration personnelle).....	43
Figure 13 : Ovariectomie de Willis (Lauder 2018).....	44
Figure 14 : schéma présentant le DUIB et son lieu de mise en place (Auvray 2016).....	47
Figure 15 : éthogramme utilisé pour réaliser les observations comportementales des animaux en cours d'étude (Ginger et al. 2023) (Ledoux et al. 2023).....	60
Figure 16 : Lecture à l'aide de l'application Smartstrip (sur smartphone) du résultat du test BIO K 328 - QuantELISA Haptoglobine bovine / Sandwich. Image d'après <a href="https://www.biox.com/fr/accueil/">https://www.biox.com/fr/accueil/</a> . ..	61
Figure 17 : Boxplot de la répartition des températures rectales à J0, H3 et J3, la ligne continue représente le seuil de 39.5°C, en rouge est représentée la vache ayant présenté de l'hyperthermie à J2 d'après l'éleveur, en bleu la vache qui a eu une rétro-péritonite et en vert les vaches n'ayant pas présenté de complications. ....	65
Figure 18 : Boxplot de la répartition des taux d'haptoglobine à J0 et J3, les lignes en pointillé à 30 et 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ représentent les limites de détection inférieure et supérieure du Smartstrip haptoglobine utilisé, la ligne continue représente le seuil fixé à 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ . En rouge est représentée la vache ayant présenté de l'hyperthermie à J2, en bleu la vache qui a eu une rétro-péritonite et en vert les vaches n'ayant pas présenté de complications cliniques.....	66
Figure 19 : histogramme de la répartition des taux de polynucléaires parmi les cellules nucléées à J0 .....	67
Figure 20 : Graphique des individus projeté en fonction des deux dimensions conservées (1 et 3) et colorées en fonction du temps de suivi (J0, H3 et J3). Les ellipses correspondent à l'intervalle de confiance à 95% autour du barycentre de l'ensemble des individus de chaque temps. ....	70
Figure 21 : Graphique des variables catégorielles projeté en fonction des deux dimensions conservées (1 et 3) et colorées en gradient de gris en fonction de la qualité de leur projection (de blanc pour un $\cos^2=0$ à noir pour un $\cos^2$ égal à 1).....	71

Figure 22 : Ensemble des cartes des facteurs dans les dimensions 1 et 3 pour les variables dont la p-value univariée est inférieure à 0.05 .....	72
Figure 23 : taux de PNN à J0 en fonction de l'haptoglobine à J0, la ligne horizontale continue représente le seuil de 2% (McDougall et al. 2020), les lignes verticales en pointillé à 30 et 1000 µg/mL représentent les seuils inférieur et supérieur du test utilisé, la ligne verticale continue représente le seuil fixé à 150µg/mL d'après (Carré 2020) .....	73
Figure 24 : Température rectale à J3 en fonction du taux de PNN à J0, la ligne horizontale continue représente le seuil fixé à 39.5°C, la ligne verticale continue représente le seuil de 2%.....	74
Figure 25 : Haptoglobine à J3 en fonction du taux de PNN à J0, les lignes horizontales en pointillé à 30 et 1000 µg/mL représentent les limites de détections inférieure et supérieure du test utilisé, la ligne horizontale continue représente le seuil fixé à 150µg/mL, la ligne verticale continue représente le seuil de 2%.....	75
Figure 26 :Taux de PNN à J0 en fonction de si la vache à une haptoglobine supérieur au seuil de 150 µg/mL (Carré 2020) ou non à J3, la ligne horizontale continue représente le seuil de 2% (McDougall et al. 2020).....	76
Figure 27 : Répartition des taux d'haptoglobine à J0 en fonction de si la vache à une valeur d'haptoglobine supérieure au seuil de 150 µg/mL (Carré 2020) ou non à J3, la ligne horizontale continue représente le seuil fixé à 150µg/mL.....	77
Figure 28 : Taux d'haptoglobine à J3 en fonction de la température rectale à J3, les lignes horizontales en pointillé à 30 et 1000 µg/mL représentent les seuils inférieur et supérieur du test utilisé, la ligne horizontale continue représente le seuil fixé à 150µg/mL, la ligne verticale continue représente le seuil de 39.5°C.....	79
Figure 29 : Présence de complication (oui et rouge ou non en noir) en ordonnée en fonction de si le taux d'haptoglobine est supérieur ou non à J0 au seuil de 150 µg/mL en abscisse .....	80
Figure 30 : Présence de complication (oui en rouge ou non en noir) en ordonnée en fonction de si le taux de PNN est supérieur ou non au seuil de 2% en abscisse .....	81

## Liste des tableaux

Tableau 1 : avantages et inconvénients des voies d'abord de la stérilisation chirurgicale.....	41
Tableau 2 : avantages et inconvénients des méthodes pour retirer ou provoquer l'ischémie des ovaires .....	45
Tableau 3 : Echelle de douleur pour bovin (International Veterinary Academy of Pain Management 2021).....	50
Tableau 4 : effectifs des comportements pour lesquels le test du khi 2 est significatif .....	68
Tableau 5 : table de contingence des vaches ayant présenté ou non des complications cliniques postopératoires en fonction de si le taux d'haptoglobine à J0 est supérieur ou non au seuil de 150 µg/mL .....	82
Tableau 6 : table de contingence des vaches ayant présenté ou non des complications cliniques postopératoires en fonction de si le taux de polynucléaires à J0 est supérieur ou non au seuil de 2%82	



## Liste des abréviations

PNN : Polynucléaire(s) neutrophile(s)

SEM : Standard Error or Mean (Erreur standard de la moyenne)

TR : Température recale



# INTRODUCTION

L'idée de stériliser les vaches laitières existe depuis l'Antiquité et elle est attestée dans des manuels de chirurgie dès le 19<sup>ème</sup> siècle (Bernard et al. 1834). L'intention derrière cette pratique était de non seulement améliorer l'engraissement des animaux et la qualité du lait produit, mais aussi de favoriser un comportement plus apaisé au sein des troupeaux. Néanmoins, cette intervention chirurgicale a longtemps souffert d'un manque de données scientifiques éclairant ses bénéfices et son impact sur la vache.

Bien souvent perçue comme une procédure bénigne, la stérilisation des vaches laitières semblait initialement dépourvue de conséquences significatives sur la santé et le bien-être de la vache, d'autant que les signes de douleur chez les bovins sont souvent frustrés. Toutefois, au cours des dernières décennies, une attention accrue de la part des vétérinaires a été portée sur les répercussions réelles de cette chirurgie. C'est dans ce contexte que cette recherche s'inscrit.

La première section du manuscrit de thèse est une étude de la littérature scientifique et s'articule en trois parties distinctes. La première section se consacre à une exploration approfondie des bénéfices potentiels de la stérilisation chirurgicale des vaches laitières, en s'appuyant sur de nombreuses études scientifiques. La synthèse de ces travaux de recherche permet une meilleure compréhension des avantages potentiels de cette pratique, remettant en question certains bénéfices initialement décrits (comme l'engraissement).

Par la suite, les techniques chirurgicales utilisées pour réaliser cette stérilisation sont exposées en détail. Les méthodes et les procédures sont présentées de manière claire, mettant en lumière l'évolution des approches au fil du temps ainsi que les avantages et inconvénients de chacune.

La dernière partie se penche sur les effets indésirables qui peuvent découler des techniques mentionnées précédemment. Les complications qui peuvent survenir suite à la stérilisation chirurgicale des vaches laitières sont examinées et des propositions pour leur prise en charge sont avancées.

La deuxième section du manuscrit est constituée d'une étude expérimentale. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les modifications comportementales et

biochimiques chez les animaux stérilisés à l'aide d'un protocole conçu pour atténuer la douleur, le stress et l'inflammation. Parallèlement, cette étude cherche à évaluer la nature et la fréquence des complications postopératoires associées à une technique de stérilisation adaptée aux pratiques françaises. Enfin, cette étude vise à explorer la pertinence de méthodes diagnostiques complémentaires préopératoire, pour prédire la survenue de complications afin de les prévenir.

En somme, cette thèse vise à quantifier les risques inhérents à la stérilisation chirurgicale des vaches laitières tout en offrant des solutions concrètes pour minimiser ces risques. En éclairant les bénéfices potentiels, les techniques employées et les mesures préventives envisageables pour en limiter les complications, cette recherche vise à fournir une perspective plus complète et équilibrée sur cette pratique ancienne, mais toujours pertinente dans l'élevage bovin moderne.

# **PARTIE 1 : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE LA STERILISATION CHEZ LA VACHE, DES TECHNIQUES ET INTERETS**

## **I. Intérêts zootechniques et sanitaires de la stérilisation**

### **1. Lactation**

#### *a. Physiologie de la lactation*

Pour décrire la lactation des bovins laitiers, on parle classiquement de courbe de lactation (Figure 1) (Delage, Leroy, et Poly 1953). La courbe de lactation commence à J0 avec le vêlage, on a tout d'abord une phase ascendante (de trois à huit semaines), durant cette phase, les sept premiers jours constituent la phase colostrale (le lait ne peut pas être utilisé pour la consommation humaine).

Puis arrive le pic de lactation c'est-à-dire le moment où la production laitière journalière est maximale (durant environ un mois).

Enfin la quantité de lait produit décroît c'est la phase de persistance de lactation (sept à huit mois en général). La diminution est d'environ 10% par mois (8% pour les primipares et 12% pour les multipares) (Delage, Leroy, et Poly 1953).

La lactation prend fin au tarissement (arrêt volontaire de la traite par l'éleveur accompagnée généralement d'une diète alimentaire et hydrique de courte durée) mis en place par l'éleveur idéalement deux mois avant la mise bas prévue de l'animal et au moment où la production laitière journalière est jugée insuffisante pour continuer à être valorisée. Une lactation dite standard dure généralement 10 à 11 mois. La période sèche, entre le tarissement et le vêlage suivant, dure environ deux mois dans les références.

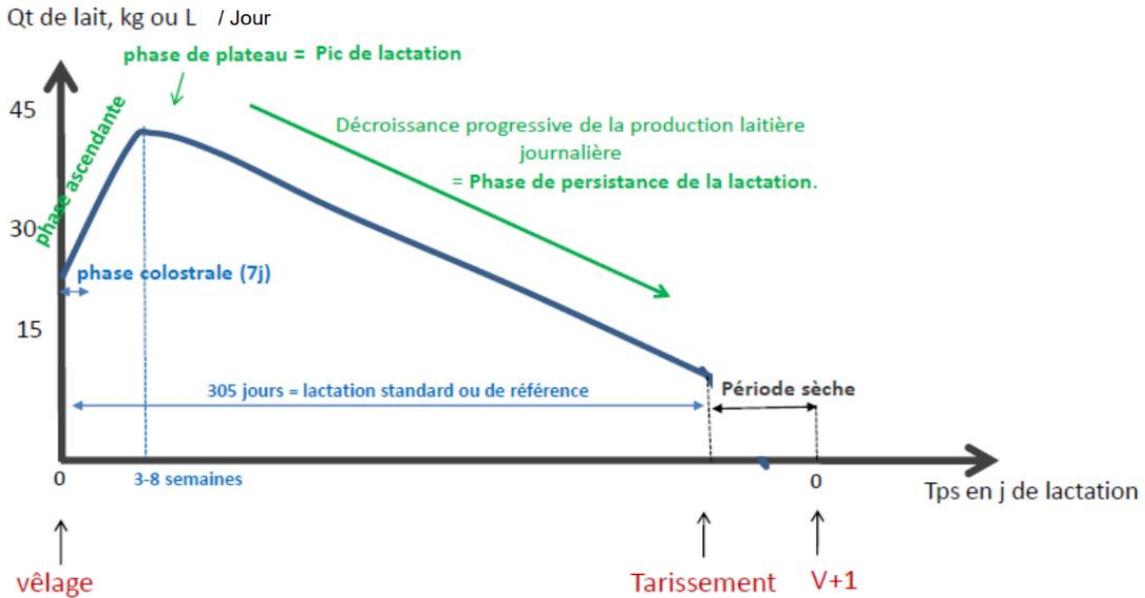


Figure 1 : Courbe de lactation standard de la vache (d'après Delage, Leroy et Poly 1953)

De nombreux facteurs influencent la production laitière tels que des facteurs environnementaux, alimentaires, endocriniens et de conduite d'élevage. Au cours de la lactation, c'est la modification du tissu sécrétoire mammaire qui produit cette courbe « en cloche » notamment le nombre et l'activité des cellules mammaires épithéliales.

Sur la phase ascendante, le taux de prolifération est supérieur au taux d'apoptose permettant une augmentation du nombre de cellules mammaires épithéliales, en parallèle l'activité sécrétoire des cellules épithéliales mammaires augmente aussi ce qui permet une augmentation rapide de la production laitière (Delbecchi et al. 2005).

Durant l'ensemble de la lactation le taux d'apoptose augmente petit à petit jusqu'à ce qu'il dépasse le taux de prolifération cellulaire qui initie une diminution de la production laitière on entre donc dans la phase de persistance de la lactation.

### b. Intérêt pour la lactation

L'intérêt principal initial de cette chirurgie a d'abord été l'allongement de la durée de lactation. Comme démontré dans une thèse de 2004 (du Roizel-Marlier 2004), la quantité de lait produite sur une lactation est bel et bien augmentée grâce à l'ovariectomie. En effet, les résultats de son expérimentation sont les suivants : la persistance de la production laitière augmente significativement (+ 2,8 kg/jour en plus durant les quatre mois suivant la castration) dès lors que cette opération est effectuée avant le 125ème jour de lactation.

Des travaux ultérieurs nous ont permis de mieux en comprendre le mécanisme. En étudiant l'activité d'une métalloprotéine (MMP2) responsable du remodelage des glandes mammaires, des travaux menés sur des vaches multipares non gestantes en 2012 (Yart et al. 2012) ont comparé un groupe de vaches ovariectomisées et un groupe avec une opération factice (consistant en une ouverture du fornix dorsal du vagin avec des ciseaux de Krebs ainsi qu'une palpation intra-abdominale des ovaires sans ligature de ceux-ci). Ainsi au moment de l'abattage (à 14 mois de lactation), ils ont pu se rendre compte que les vaches ovariectomisées avaient des MMP2 qui avaient tendance à être moins active que les vaches entières ( $p < 0.1$ ), en mesurant leur activité dans le lait par zymographie (Figure 2).

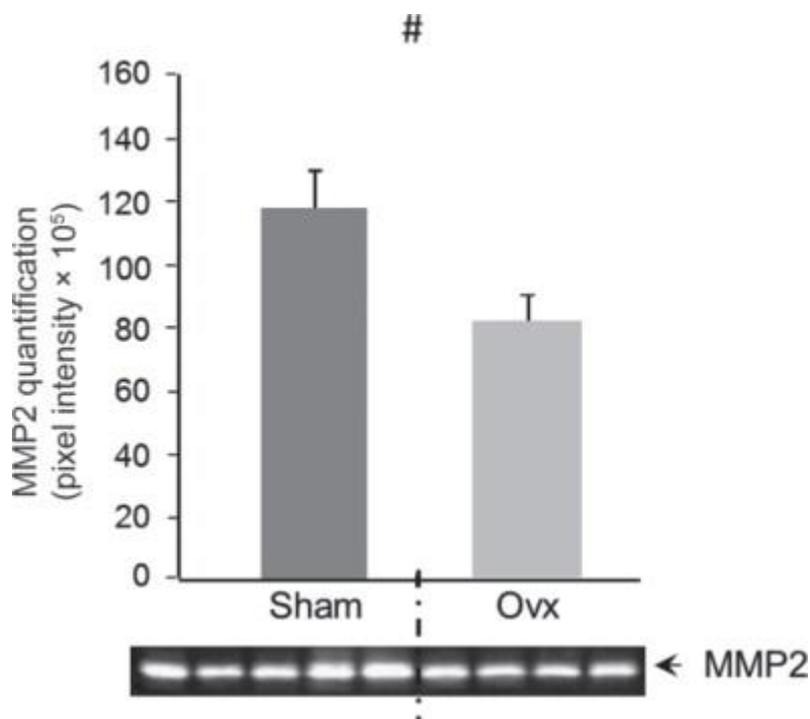


Figure 2 : Mesure de l'activité de la MMP2 dans le lait via la zymographie. Une bande zymographique correspondant à l'activité de la MMP2 a été identifiée à 57 kDa. Chaque bande correspond à une vache. « Sham » correspond aux vaches ayant une opération factice et « Ovx » les vaches ayant été stérilisées. L'intensité des pixels est exprimée en moyenne  $\pm$  erreur standard de la moyenne (SEM) (Yart et al. 2012)

La diminution d'activité des MMP2 chez les vaches ovariectomisées ferait donc partie du mécanisme permettant d'expliquer la meilleure persistance de la lactation chez les vaches n'ayant plus leurs ovaires.

Dans la même étude (Yart et al. 2012), les auteurs ont également étudié l'expression de la Poly-ADP-Ribose Polymérase (PARP), une protéine intervenant dans les dernières étapes de la mort cellulaire. Par Western blot (Figure 3), ils ont pu quantifier que le rapport des concentrations de protéine PARP entre l'abattage (à 14 mois après

le vêlage) et l'ovariectomie (à deux mois après le vêlage) était significativement diminué chez les vaches ovariectomisées ( $p < 0.05$ ).

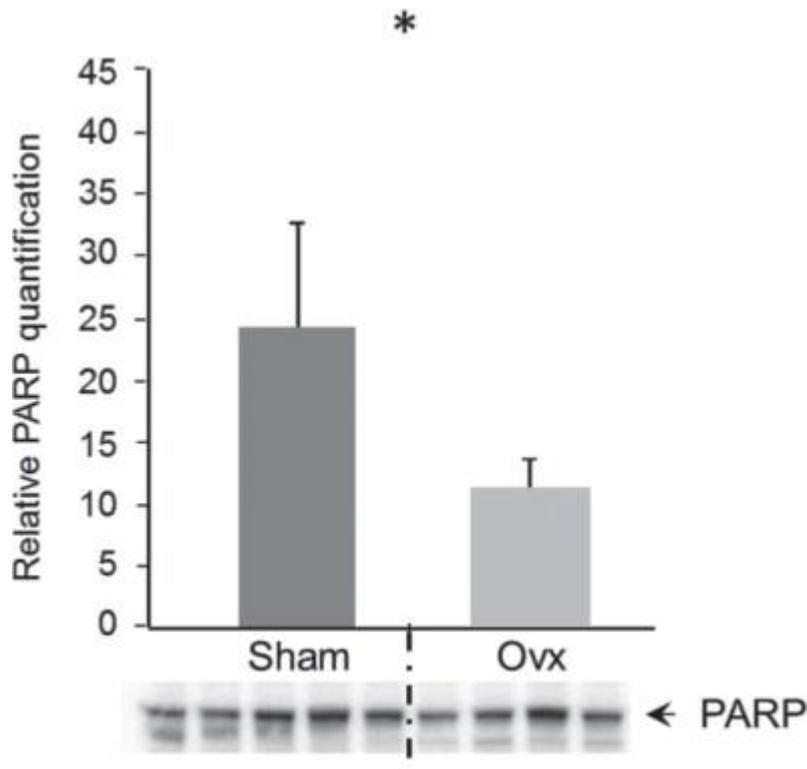


Figure 3 : L'apoptose dans la glande mammaire a été évaluée par Western blot en quantifiant le niveau de la protéine poly (ADP-ribose) polymérase (PARP), normalisé par l'actine. Le niveau de PARP à l'abattage est comparé à son expression à deux mois de lactation avant l'ovariectomie. « Sham » correspond aux vaches ayant une opération factice et « Ovx » les vaches ayant été stérilisées. La quantification relative de la PARP est présentée sous forme de moyenne  $\pm$  SEM (Yart et al. 2012).

Ceci corrobore donc le fait que la meilleure persistance de la lactation chez les vaches ovariectomisées est due à un remodelage des glandes mammaires moins important et une apoptose moins fréquente chez ces vaches permettant de limiter la décroissance de la production laitière. Cette amélioration est mise évidence à partir du quatrième mois uniquement.

Quant au rôle précis des hormones, une analyse des études précédentes dans ce même article (Yart et al. 2012) tend à suggérer que les œstrogènes jouent un rôle plus important que la progestérone dans la diminution de la production laitière.

Cependant les études mettant en avant le fait que les œstrogènes diminuent la production laitière (Delbecchi et al. 2005) utilisent des concentrations supra-physiologiques pour mettre en avant cet effet. A des doses physiologiques, l'effet ne serait visible qu'à long terme, à partir de quatre mois dans cet article (Yart et al. 2012).

## 2. Engraissement

Bien que souvent mentionné, et faisant partie des indications historiquement évoquées (Bernard et al. 1838) l'effet de la stérilisation chirurgicale des vaches destinées à la réforme pour l'engraissement n'a jamais été prouvé.

### *a. Physiologie de l'engraissement*

On s'intéressera ici principalement au GMQ (gain moyen quotidien) en kg/j qui représente la vitesse à laquelle la vache prend du poids et à l'efficacité alimentaire en kg de matière sèche (MS) ingérée pour obtenir un gain d'un kg de poids vif.

On distingue deux phases dans l'engraissement de la vache de réforme (Cabaraux et al. 2005).

Tout d'abord une phase de reprise de poids qui va consister à faire reprendre à la vache l'ensemble de ses masses musculaires. L'intensité de cette phase doit être modérée, pas plus de 0.9 à 1,4 kg de poids vif par jour sinon du gras va venir se déposer de manière trop précoce et non désirée.

La deuxième phase (phase de finition), qui va consister à déposer du gras de manière superficielle sur la carcasse, c'est ce qui va faire gagner en termes de qualité (et donc de rendement) la vache de réforme. Ici les GMQ atteints sont plus faibles, car la nourriture ingérée sert en partie déjà à maintenir la quantité de muscle formée durant la phase précédente. En outre pour produire un kg de graisse il faut plus d'énergie que pour un kilo de muscle, « les dépenses correspondant à l'énergie de dépôt des protéines et des lipides sont respectivement de 5,5 kcal/g et de 9,4 kcal/g ».

### *b. Intérêt pour l'engraissement*

Concernant l'intérêt de l'ovariectomie pour l'engraissement, la plupart des publications parlent des génisses. En effet, aux États-Unis et en Australie, c'est majoritairement sur des génisses que cette opération est réalisée. Ils pratiquent cette opération pour des raisons zootechniques, suppressions des chaleurs et des risques liés à la gestation dans un contexte où les mâles et les femelles ne sont pas séparés. La conclusion de ces études est très bien résumée dans une thèse de 2007 (Bertherlier 2007) : il semble que, quelle que soit la méthode, la castration des génisses n'améliore pas le GMQ des bovins stérilisés. Il ne semble pas non plus y avoir d'amélioration de l'efficacité alimentaire.

A contrario, les génisses semblent même prendre du retard dans l'engraissement par rapport aux génisses témoins juste après l'opération. Ce retard étant rattrapé par la suite, il serait intéressant d'étudier si en incluant un protocole d'analgésie et d'anti-inflammatoire, il serait possible de s'affranchir de ce « retard », dû la chirurgie, pris dans l'engraissement et ainsi d'avoir un bénéfice chez les génisses opérées.

Dans cette même thèse (Bertherlier 2007) il ne met pas en évidence de différence significative chez les vaches non plus. Ainsi, il semble que l'absence d'effet observée soit commune aux vaches et aux génisses et ne soit pas attribuable à l'immaturation sexuelle des animaux stérilisés.

### 3. Présentation des indications thérapeutiques et intérêt sanitaire

#### *a. Indications thérapeutiques*

La stérilisation peut également être réalisée en réponse à certaines affections des ovaires ou du tractus génital. Ces indications sont peu nombreuses et rarement rencontrées, mais il semble important de tout de même les mentionner (Chastant 1995).

Lors d'hémorragie ovarienne, seule la ligature permet d'assurer l'hémostase du pédicule ovarien. Ces hémorragies se déclarent souvent à la suite de manipulations sur l'ovaire telles que des énucléations de corps jaunes ou des ponctions de kystes. L'utilisation d'hormones a diminué la fréquence de ce genre de manipulations et donc les risques d'hémorragie ovarienne.

Les kystes folliculaires, issus d'une non-rupture du follicule préovulatoire ou à une dégénérescence sclérokytistique de l'ovaire, se manifestent souvent par des comportements de chaleurs permanents et exacerbés. Les conséquences de tels comportements compliquent la gestion du troupeau et son calme, la vache présentant ces kystes chevauche en permanence, devient agressive et maigrit. De plus on observe une déminéralisation squelettique qui, couplée avec l'activité intense de la vache, entraîne une augmentation conséquente des risques de fracture.

Ces kystes se traitent en première intention avec des hormones, mais lorsque ces dernières ne fonctionnent pas, le traitement chirurgical peut être utilisé.

Les tumeurs ovariennes bien que rares peuvent également constituer une indication à la castration. Elles sont principalement rencontrées chez les vaches de plus de quatre

ans, le plus souvent il s'agit de tumeurs bénignes des cellules de la granulosa (Vasey et Curtis 1981). Lorsque la tumeur est diagnostiquée, le traitement repose sur une ablation de l'ovaire. Une gestation utilisant le deuxième ovaire (non atteint) peut être envisagée, cependant la plupart du temps la vache est mise à la réforme (Leder, Lane, et Barrett 1988).

Le prolapsus chronique du vagin est également mentionné comme indication thérapeutique (Moula 2000). Ce dernier accompagne parfois les chaleurs étant dues à une hyperplasie de la muqueuse vaginale. La stérilisation chirurgicale permet d'y mettre un terme (étant donné la disparition des chaleurs).

#### *b. Intérêt vis-à-vis des affections liées à la reproduction*

Toute gestation est liée à de possibles affections, augmentation du risque d'éventration, dystocie, prolapsus utérin, prolapsus vaginal, fièvre vitulaire, rétention annexielle...(Stilwell et Simões 2021). Les exemples sont nombreux et dans de multiples cas le pronostic vital est engagé.

L'envoi d'une vache gravide à l'abattoir est règlementé par les lois européennes qui interdisent l'envoi de vache dont la gestation est avancée de plus de 90% à l'abattoir (soit environ huit mois pour les vaches) (*Council Regulation (EC) No 1/2005 of 22 December 2004 on the Protection of Animals during Transport and Related Operations and Amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97 2004*).

Nous verrons par la suite que la solution de conserver une vache ni gravide, ni stérilisée n'est pas non plus une solution dans l'optique de diminution des risques et des accidents en élevage.

#### *c. Disparition des chaleurs, de leurs manifestations et des accidents liés*

Lors de la stérilisation chirurgicale chez la vache, de même que chez les mâles, l'animal devient plus calme et docile. Les comportements associés aux chaleurs disparaissent eux aussi (Bertherlier 2007), comme les chevauchements pouvant s'étaler sur deux jours en absence de saillie comportant d'importants risques de fracture ou de blessure du bassin et des membres pelviens d'autant plus importants quand les vaches sont en stabulation. Pour avoir une idée de ce que cela représente, dans une clientèle laitière d'environ 40 000 bovins, les vétérinaires pratiquent environ 250

euthanasies de vaches accidentées par an, ces accidents se produisant dans 90% des cas au moment des chaleurs (communication personnelle, Dr François).

Cela représente une charge émotionnelle importante, en plus du coût économique, à la fois pour l'éleveur, mais aussi pour les vétérinaires qui pratiquent ces euthanasies. C'est même d'après le Dr François, qui pratique ces stérilisations chirurgicales depuis plusieurs années, la motivation principale des éleveurs chez qui il pratique cette opération.

## II. Techniques de stérilisation

### 1. Rappels anatomiques et physiologiques chez la vache

#### *a. Anatomie de l'appareil génital et de ses rapports avec les autres appareils*

La partie caudale de l'appareil génital des bovins femelles (Figure 4 ) commence par les lèvres de la vulve, le vestibule du vagin où se trouve l'ostium externe de l'urètre, la cavité du vagin et le col de l'utérus qui marque le passage dans l'utérus. Celui-ci se divise rapidement en deux cornes partant du corps de l'utérus. Au bout de chaque corne, on retrouve un ovaire qui est relié à sa corne et au corps de l'utérus par le ligament large.

Dans le cadre de l'ovariectomie par voie vaginale, un des points d'intérêt sera le fornix dorsal du vagin (entouré en rouge dans la Figure 4). Le vagin est artificiellement « ouvert » dans celle-ci pour les besoins de l'illustration.

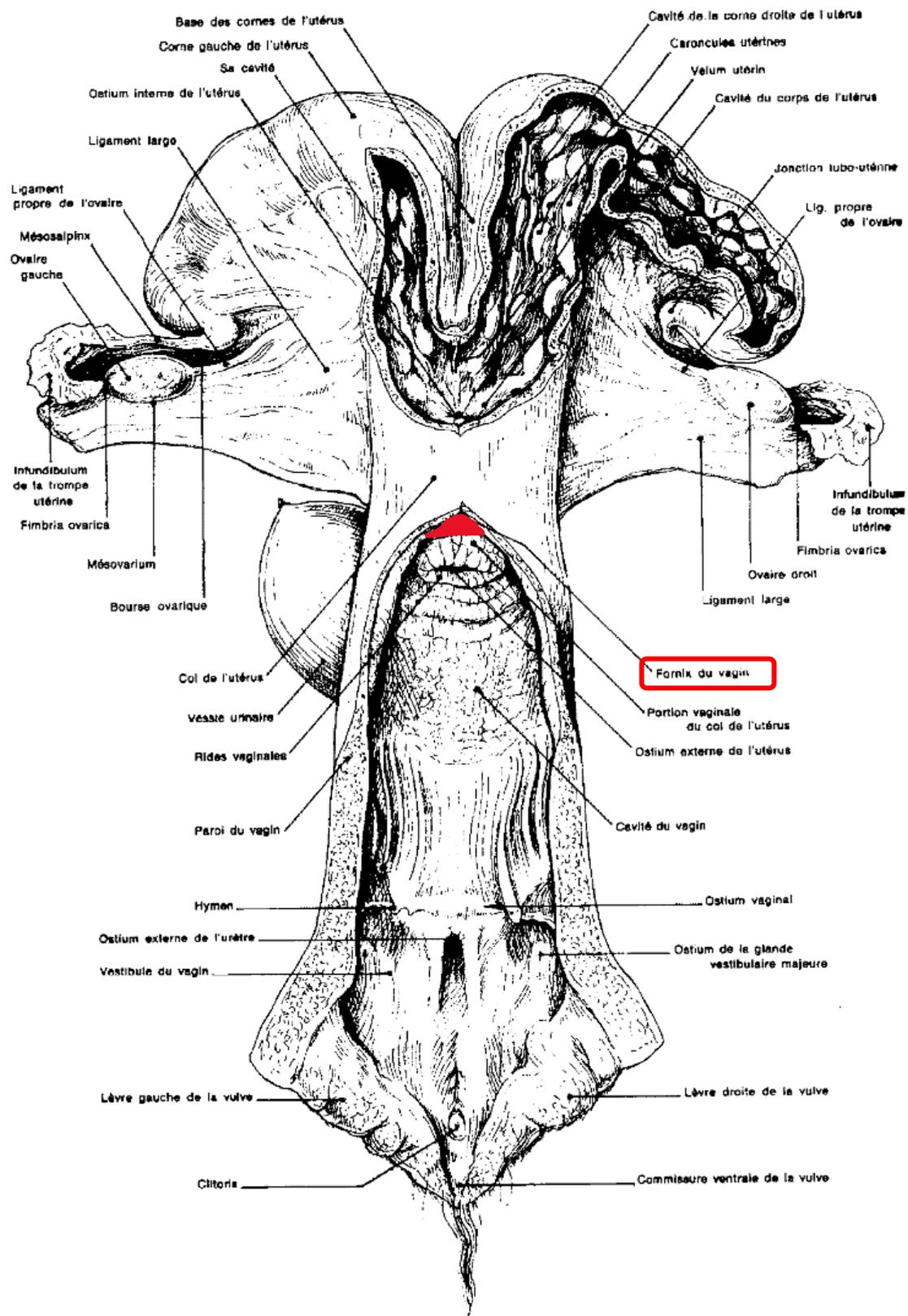


Figure 4 : conformation intérieure de l'appareil génital d'une vache nullipare (en rouge le fornix dorsal du vagin) (Barone 2001)

L'appareil génital est en contact et en relation dans l'abdomen caudal avec plusieurs autres appareils :

- l'appareil digestif : le rectum
- l'appareil urinaire : le rein, l'uretère, la vessie et l'urètre qui s'abouche dans le vagin.

La proximité de chacun des organes est illustrée dans la Figure 5, et explique une partie des risques associés à la stérilisation chirurgicale par voie vaginale chez les bovins.

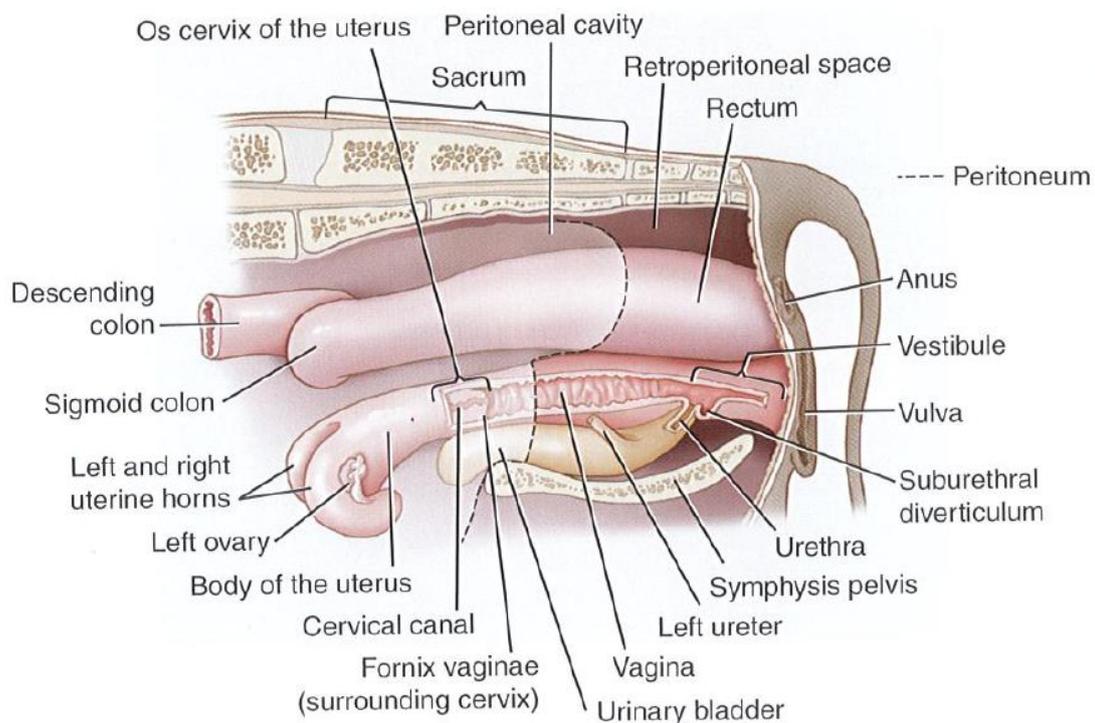


Figure 5 : Schéma des appareils de l'abdomen caudal chez la vache (Niehaus 2022)

La vascularisation de l'appareil génital de la vache se fait grâce à trois couples artère-veine (Figure 6).

Caudalement, l'artère vaginale irrigue, comme son nom l'indique, majoritairement le vagin, mais le rameau utérin irrigue également le col de l'utérus ainsi qu'une partie du corps de l'utérus proche du col. Elle est issue de l'artère iliaque interne (Barone 2001). La veine vaginale est satellite de son artère et suit donc le même trajet.

L'artère utérine irrigue quant à elle l'utérus, elle se divise en deux parties droite et gauche. Elle provient aussi du début de l'artère iliaque interne.

Les veines utérines forment une arcade s'étendant du voisinage du vagin à celui de l'ovaire.

L'artère ovarique irrigue l'ovaire, mais participe aussi par son rameau utérin à l'irrigation des trompes et du bout des cornes. Elle provient de la partie caudale de l'aorte abdominale (Crevier 1995) .

Le sang est drainé des ovaires par les deux veines ovariques, une pour chaque ovaire.

De chaque côté, la veine ovarique et la veine utérine de la corne du même côté se rejoignent avant de se jeter dans la veine cave caudale (Barone 2001).

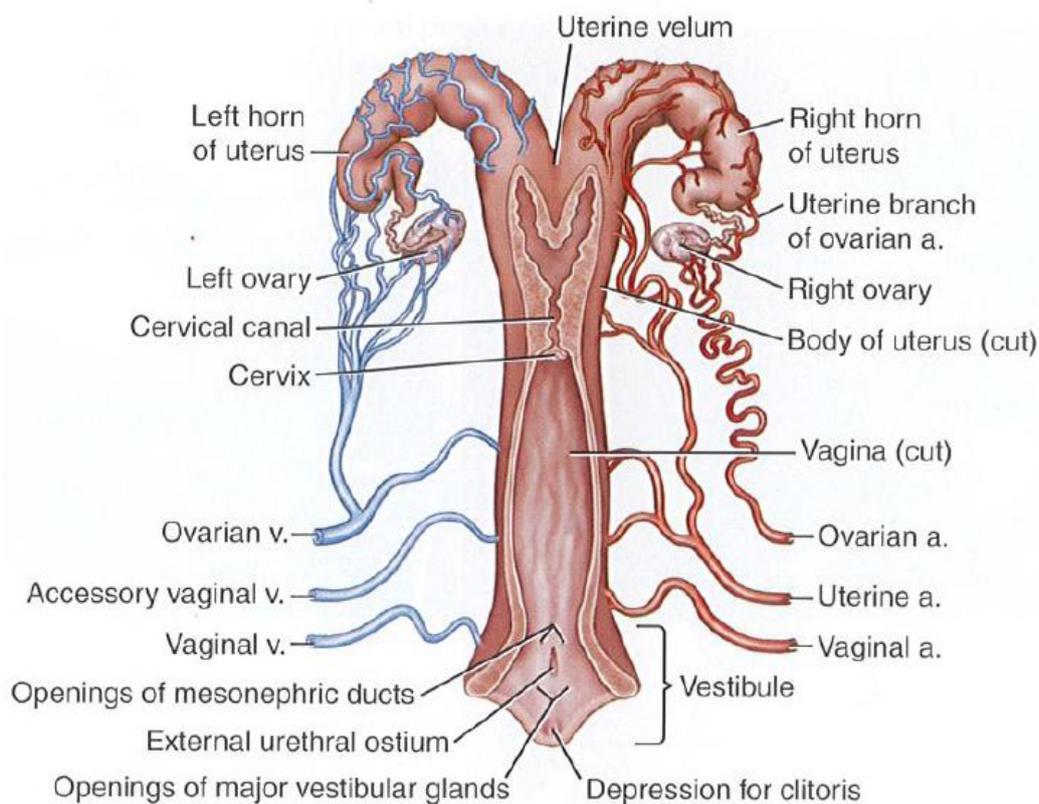


Figure 6 : vascularisation de l'appareil génital de la vache (Niehaus 2022)

Point important de cette vascularisation dans le cadre de la stérilisation chirurgicale, le fornix dorsal du vagin (en rouge dans la Figure 4) constitue la zone la moins vascularisée du vagin. Son choix pour la ponction lors d'un abord vaginal présente donc notamment cet intérêt (Crevier 1995).

### *b. Physiologie de la reproduction*

La vache est une espèce polyœstrienne à cycle continu, c'est-à-dire non saisonné, au contraire des petits ruminants qui eux se reproduisent pour la majorité d'octobre à décembre.

Son cycle dure en moyenne 21 jours (entre 19 et 24) (Hopper 2014).

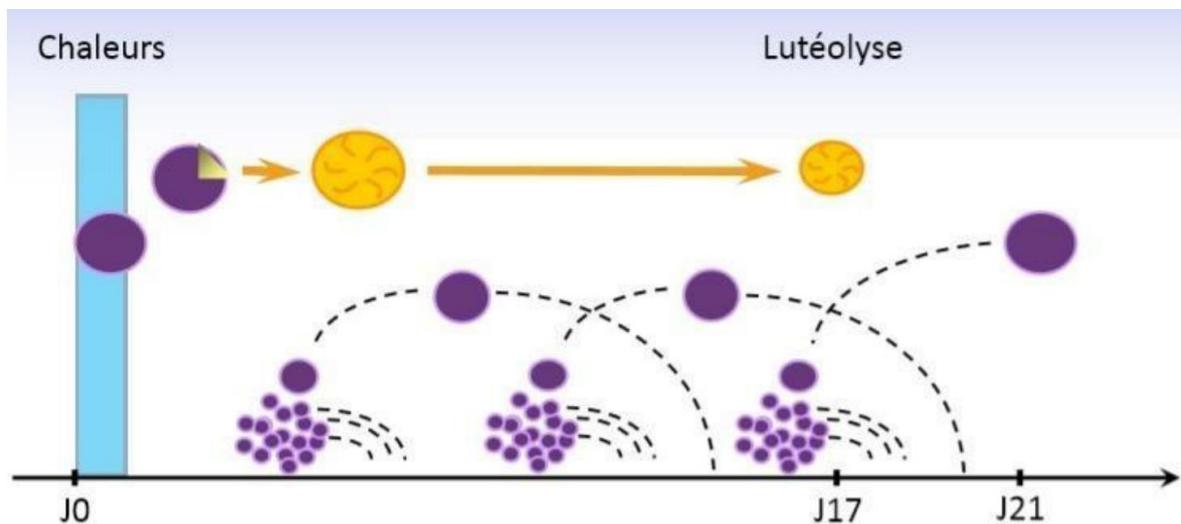


Figure 7 : Schéma des vagues folliculaires du cycle de la vache : en jaune les corps jaunes, en violet les follicules (d'après S. Chastant-Maillard 2006)

Dans la Figure 7 on commence à J0 avec les chaleurs, correspondant à la période de réceptivité sexuelle chez les femelles. Il y a un follicule dominant qui produit des œstrogènes en quantité importante déclenchant l'œstrus. Il est caractérisé d'un point de vue hormonal et physiologique par l'absence de corps jaune (donc avec la progestérone au plus bas). Cela provoque une libération significative d'œstrogènes par le follicule dominant, conduisant à une augmentation de la concentration de GnRH. Cette élévation de GnRH déclenche ensuite un pic de LH qui induit l'ovulation. D'un point de vue comportemental, l'œstrus se traduit par des chevauchements pouvant s'étaler sur deux jours en absence de saillie, comportant d'importants risques de fracture ou de blessure du bassin et des membres pelviens d'autant plus importants quand les vaches sont en stabulation, c'est ce qu'on appelle les comportements de chaleur (Bertherlier 2007).

Ensuite l'ovulation qui intervient 24 à 30 heures après le début des chaleurs et 10 à 14 heures après la fin des chaleurs. Le follicule dominant se rompt et libère l'ovocyte dans la trompe utérine.

Le cycle se poursuit avec la lutéinisation, qui permet la formation d'un corps jaune à partir des cellules de la granulosa et de la thèque du follicule. Ce corps jaune va sécréter de la progestérone. Le corps jaune est visualisable à l'échographie et donne un moyen pour savoir si la vache est cyclée ou non après son vêlage. Une vache cyclée est une vache ayant un cycle dit normal avec une alternance des phases dites folliculaires (sans corps jaune) et lutéales (avec corps jaune). Notamment après le vêlage et plus particulièrement chez les vaches laitières hautes productrices, un certain temps (jusqu'à deux mois) s'écoule entre le vêlage et la reprise des vagues folliculaires aboutissant à l'ovulation puis à la formation d'un corps jaune (Hopper 2014).

La croissance folliculaire se fait par vagues, deux à trois chez 95% des vaches. Une vague correspond à la succession de trois phases : recrutement, sélection et dominance (Hopper 2014).

Durant la phase de recrutement, sous l'influence de la FSH (Follicle Stimulating Hormone), les follicules tertiaires croissent jusqu'à atteindre une taille entre 2 et 6 mm (reconnaissable à l'échographie) (Colloton 2014). Vient la phase de sélection, un seul follicule (sur les deux ovaires) poursuit sa croissance, sa taille va dépasser huit millimètres et il a acquis des récepteurs à la LH c'est ce qui lui permet de grandir. Pour finir, durant la phase de dominance, le follicule dominant va finir sa croissance jusqu'à 15 mm (toujours sous l'influence de la LH) et deux cas se présentent alors, soit un corps jaune est toujours présent, le follicule dominant (mesurant au maximum 15 mm) s'atrophie et une nouvelle vague commence. Soit le corps jaune est absent, et alors le follicule continue de grandir jusqu'à 20 mm et l'ovulation a ensuite lieu (Hopper 2014).

## 2. Présentation des différentes voies d'abord, de leurs intérêts et inconvénients

Cette partie va présenter les différentes voies d'abord de la stérilisation chirurgicale chez les bovins femelles qui ont pu être décrites dans la littérature. On en compte deux majoritaires qui sont la laparotomie (la plus ancienne) et la voie vaginale (plus efficace

et aujourd'hui recommandée). Les méthodes pour provoquer l'ischémie ou retirer les ovaires seront présentées dans une autre partie (la 3<sup>ième</sup>) car pour la plupart indépendantes de la voie d'abord.

#### *a. Laparotomie gauche ou droite*

Historiquement la laparotomie gauche est la première voie d'abord décrite dans un manuel par Levrat en 1834 (Gourdon 1860). Elle est présentée de la manière suivante, à gauche l'opération se pratique entre 30 et 36 jours post partum. « Un repas léger le soir et à jeun le matin de l'opération » pour la vache, la contention étant assurée au moyen de cordes. « L'opérateur incise d'un coup franc au bistouri convexe la peau, les muscles puis le péritoine. L'incision se fait de la main droite, verticalement au milieu et à peu près à la partie supérieure du flanc gauche. Elle est agrandie autant que nécessaire au bistouri de manière à pouvoir introduire le bras dans l'abdomen pour rechercher les ovaires à l'aveugle » (Gobet 2008). La méthode de suppression des ovaires sera présentée dans la partie 3.

On finit par une « suture enchevillée » en la laissant plus lâche sur le bas « afin de ne pas empêcher la sortie du pus » (Bernard et al. 1834) (*NB* : il n'existait pas à l'époque d'antibiotique la pénicilline étant isolé pour la première fois en 1929 (Roussel et al. 1981)).

Si un saignement survient, Levrat conseille d'effectuer un bistournage du vaisseau concerné au moyen d'une pince à dissection puis de nettoyer le sang de la plaie avant de la suturer (Bernard et al. 1838).

Charlier préfère quant à lui, l'abord par le flanc droit. Il donne un avantage principal à ouvrir à droite, car par le flanc gauche le rumen gêne les manœuvres opératoires et peut par son frottement contre la plaie avoir une action irritante favorisant la formation d'adhérences (Levrat 1854).

Même si depuis les premières descriptions historiques, la voie d'abord par les flancs a beaucoup évolué, il s'agit aujourd'hui d'une laparotomie le plus souvent réalisée par des vétérinaires n'ayant pas pu accéder à une formation à la voie d'abord vaginale. Ils utilisent la laparotomie, car il s'agit d'une voie d'abord couramment utilisée pour d'autres interventions comme la césarienne, et font donc le plus souvent une laparotomie à gauche. La laparotomie à gauche reste une intervention invasive avec un risque de complications plus important que la voie d'abord vaginale.

## *b. Abord vaginal*

### i) Principe de l'abord vaginal

Cette voie d'abord, par le fornix dorsal du vagin, facilite l'accès aux ovaires, préserve le rectum (distalement) et les vaisseaux (sur le côté) au moment de l'incision (Prince et al. 1850).

On lit d'inciser au fond du vagin, deux à trois cm au-dessus du col, sur la ligne médiane. L'incision ne doit pas dépasser six cm, elle est réalisée par un mouvement de haut en bas, on dirigera toujours le bistouri crânialement (Gobet 2008).

Il faut prendre garde à ce que la muqueuse et le péritoine soient tous deux incisés, pour réaliser cette double incision, l'opérateur doit encore pousser vers l'avant le fond du vagin afin de parfaire la tension de ses parois. Dans le Traité de la castration des animaux domestiques (Gourdon 1860), Gourdon mentionne que la muqueuse et le péritoine, à cet endroit, sont plus étroitement accolés cela facilitant l'incision.

L'incision doit rester le long de la ligne médiane (qui est moins vascularisée comme visible dans la Figure 6) afin de prévenir les hémorragies et décollements du péritoine (Colin et al. 1858).

Les principaux risques de cette façon de pratiquer l'ouverture sont les suivants :

- Perforation du rectum (proximité visible dans la Figure 5) entraînant une péritonite importante si ce n'est pas pris en charge
- Perforation de l'aorte entraînant la mort inévitable de l'animal

### ii) Ouverture du fornix dorsal du vagin

Dans les années 70, Chappat présente une nouvelle méthode d'ouverture de la cavité abdominale par voie vaginale « sans danger ». Cette méthode utilise des ciseaux particuliers : ceux de Krebs (Figure 8) qui sont utilisés pour la ponction vaginale. (Chappat 1993).



*Figure 8 : ciseaux de Krebs (illustration personnelle)*

Ces ciseaux ont pour but d'être actionnés depuis l'extérieur de vagin, ils ont donc à cet effet de longs manches. Les mors sont recourbés à leur extrémité, les crochets ainsi formés permettent de saisir un pli de la paroi vaginale. La ponction se fait toujours au plafond du cul-de-sac dorsal du vagin. Le chirurgien insère dans le même temps les ciseaux et sa main dans le vagin, repère le col de l'utérus et, avec le pouce et l'index, saisit un pli dans le cul-de-sac dorsal du vagin. Il saisit ce pli entre les mors des ciseaux (du Roizel-Marlier 2004). On peut vérifier par voie vaginale que l'on tient bien uniquement les deux épaisseurs requises (paroi vaginale et péritoine) sans le rectum comme le montre la Figure 9.

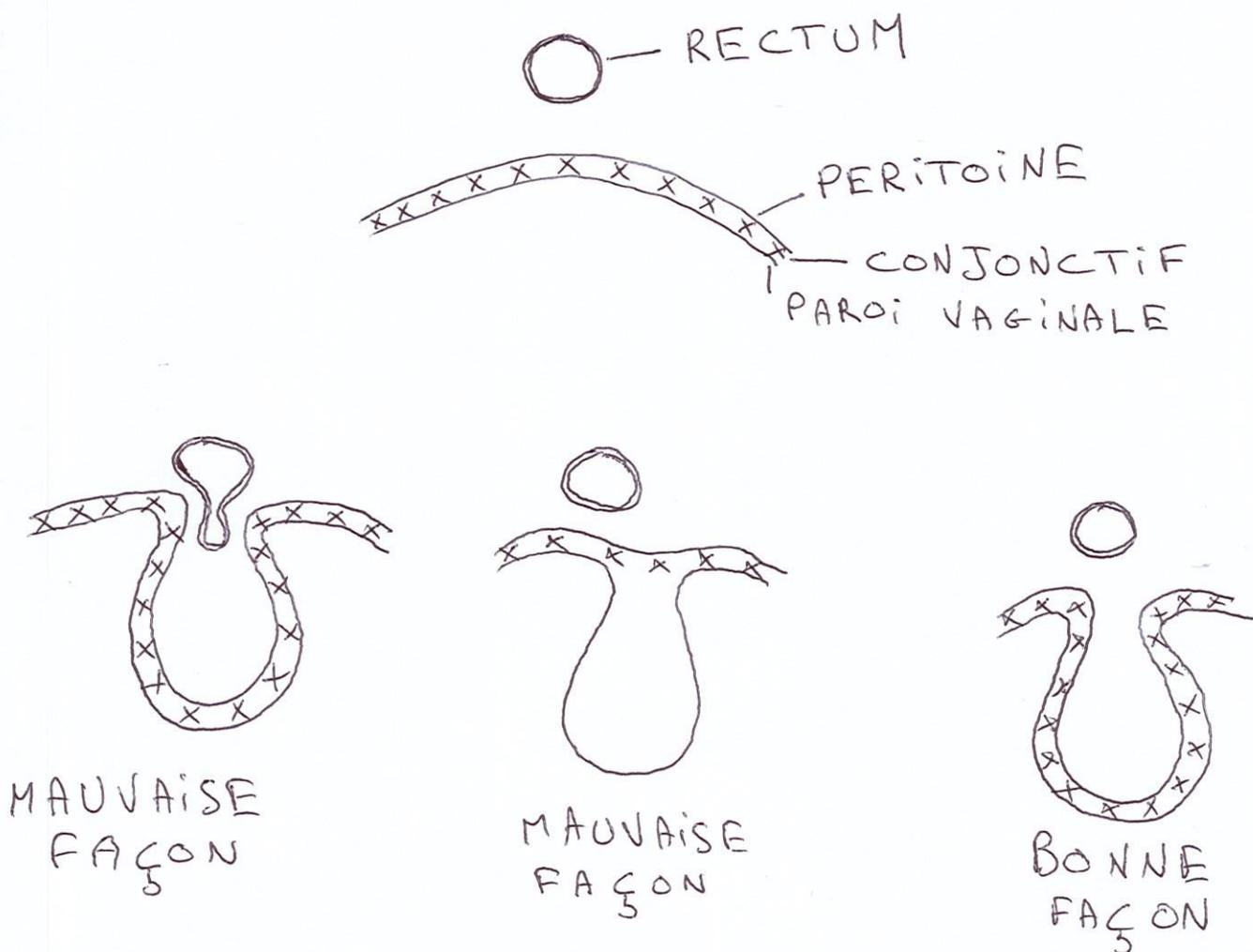


Figure 9 : schéma expliquant la bonne façon de réaliser un pli pour une ponction du fornix dorsal du vagin

Si un doute persiste malgré tout quant à la présence du rectum entre les mors du ciseau ou de toute autre structure, l'opérateur peut fouiller la vache par voie rectale de l'autre main.

Une main à l'extrémité des lames, l'autre à l'extrémité des branches, une torsion de l'instrument est effectuée selon son axe longitudinal (permettant de limiter le glissement de la muqueuse vaginale entre les mors des ciseaux) et une fermeture sèche et rapide des ciseaux permet une section du pli contenant la muqueuse et le péritoine, on obtient ainsi une ponction parfaite. On peut alors retirer les ciseaux de Krebs on a ainsi un accès direct à la cavité abdominale.

Il est important d'effectuer la ponction dans le plan horizontal sans dévier à gauche ou à droite. Le risque étant de ponctionner un organe proche du lieu d'incision (rectum, artère iliaque, aorte, vessie) (du Roizel-Marlier 2004). De même, ne pas avoir le péritoine du premier coup le fait se décoller de la muqueuse vaginale, il est alors beaucoup plus compliqué de le perforer sans prendre le risque d'atteindre une structure vasculaire adjacente.

Lorsque la voie vaginale est choisie par le chirurgien, il est libre de pratiquer ou non une suture vaginale. Dans la plupart des interventions, la brèche opératoire est de faible dimension : trois à quatre centimètres. Il est possible avec une brèche de cette taille de se passer de suture. Pour plus de sécurité, on peut réaliser un point sur la brèche opératoire, qui non seulement permettra une réparation plus rapide, mais aussi évitera certaines petites hémorragies ainsi que de rares cas de hernie. Le saignement peut être aspiré par le vide abdominal et passer inaperçu. Il est donc possible de réduire ce risque en suturant avec un point en U éversant à l'aide d'un fil résorbable de décimale cinq ou six. La plaie vaginale cicatrise et se referme normalement en quelques jours. L'opération peut être suivie par des coliques passagères peu violentes avec une légère diminution de l'ingéré les 24 premières heures après la castration (Chappat 1993).

Plusieurs outils sont aujourd'hui utilisés dans les pays qui pratiquent couramment l'ovariectomie sur les vaches, mais surtout les génisses. On retrouve le « Kimberling-Rupp Spay Tool », le « Meagher Ovary Flute » ou encore l'ovariotome de Willis.



Figure 10 : Kimberling-Rupp Spay Tool (Nicolas Courdent)

iii) Intérêt de la voie d'abord vaginale

La voie vaginale a fait l'objet d'une étude comparée avec la laparotomie par le flanc gauche (Petherick et al. 2013).

L'étude a visé à comparer à la fois les réactions biochimiques sanguines des animaux opérés en suivant des paramètres liés au stress, à la douleur et à l'inflammation (cortisol, aspartate aminotransférase, créatine kinase) et aussi en comparant les réactions comportementales des vaches stérilisées.

Les résultats montrent que la voie vaginale est moins douloureuse que la laparotomie par le flanc gauche. Toutefois, il est mentionné dans cette même étude (Petherick et al. 2013) que même si cette voie d'abord est moins douloureuse, une telle opération ne devrait pas se dérouler sans moyens de gestion de la douleur.

De plus, quand le vétérinaire devient expérimenté la procédure est de plus en plus rapide, allant jusqu'à deux minutes par vache (communication personnelle, Dr Duclos).

Or une opération plus rapide diminue les risques opératoires, notamment septiques (jusqu'à un certain point). Cela réduit également le coût pour l'éleveur.

C'est une voie d'abord qui a également fait ses preuves en chirurgie humaine avec notamment l'étude de Mofid et al (Mofid et al. 2013) qui a étudié la douleur liée à des chirurgies par orifice naturel réalisées par voie transvaginale (la principale opération dans cette étude étant la cholécystectomie). Les résultats de cette étude sont très encourageants, 93% des femmes ayant été opérées ont répondu aux questionnaires postopératoires et ne rapportent aucune douleur pelvienne, dyspareunie ou dysfonctionnement sexuel après cholécystectomie par voie transvaginale.

L'abord par orifice naturel transvaginal a également été évalué en médecine humaine pour la réalisation de chirurgies gynécologiques bénignes (Tekin et al. 2022). Les résultats sont encore une fois excellents, une semaine après la chirurgie 96% des patientes sont satisfaites et après un mois on atteint 97%. La conclusion de l'article met en avant des scores de douleur faibles et une absence de détérioration (voir une amélioration) de la vie sexuelle des patientes opérées.

### *c. Voie inguinale*

Dans les années 1950, Louis Desliens a développé la technique de l'ovariectomie par voie inguinale. Cette méthode est utilisée chez les génisses ou les vaches de petite taille mesurant jusqu'à un mètre au garrot. L'intervention est réalisée lorsque l'ovaire est suffisamment développé pour être détecté par le toucher et situé près de l'aîne.

48h avant l'opération on place l'animal à la diète hydrique. L'animal est placé en décubitus latéral droit, le postérieur gauche en position d'abduction, la pointe du jarret à l'aplomb de la fesse. La région inguinale est préparée en effectuant une tonte, une désinfection et une application de savon. Pour éviter toute contamination de la zone opératoire, l'extrémité du membre postérieur gauche est recouverte d'un champ stérile. L'intervention nécessite des instruments similaires à ceux utilisés pour les laparotomies, ainsi qu'un perforateur mousse ou une sonde cannelée et un petit émasculateur pour l'hémostase.

Une incision cutanée de cinq à six centimètres est réalisée au niveau de l'anneau inguinal superficiel. Ensuite, le conjonctif sous-cutané est dégagé jusqu'à la paroi abdominale. Pour accéder aux ovaires situés dans la cavité pelvienne, une ponction est réalisée à environ deux à trois centimètres au-dessus de l'orifice où le cordon

vasculaire s'échappe de la paroi abdominale avec le perforateur. Il est inséré perpendiculairement à la paroi abdominale dans une direction parallèle aux fibres de l'oblique. Une fois la cavité abdominale atteinte, les cornes utérines sont identifiées (longues et très flexueuses) et extériorisées dans le même temps que les ovaires permettant ainsi au chirurgien d'y accéder.

Une fois les ovaires extériorisés, les pédicules ovariens sont écrasés et les ovaires sont excisés. L'hémostase des pédicules peut être réalisée en utilisant différentes méthodes, telles que l'écrasement par un émasculateur, la torsion bornée ou l'utilisation de ligatures. Une fois les ovaires retirés, les cornes utérines sont réintégrées dans la cavité abdominale et la brèche pariétale est suturée avec du fil résorbable. La peau est ensuite suturée avec des points simples (du Roizel-Marlier 2004).

Tableau 1 : avantages et inconvénients des voies d'abord de la stérilisation chirurgicale

Voie d'abord	Avantages	Inconvénients
Laparotomie par le flanc	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Offre une visualisation directe et un accès aisé aux ovaires, avec une hémostase parfaitement maîtrisable</li> <li>- Constitue la seule approche permettant l'ablation d'ovaires de grande taille</li> <li>- Permet la castration de jeunes vaches ayant une anatomie pelvienne étroite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiert une préparation prolongée et l'utilisation d'une anesthésie locale</li> <li>- Procédure invasive avec un risque de retenue à l'abattoir</li> <li>- Peu rentable pour des interventions de nature non essentielle</li> <li>- Plus douloureuse en comparaison avec la voie vaginale</li> </ul>
Voie vaginale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervention aisée, rapide, peu intrusive et peu traumatisante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restreint aux vaches dont le vagin permet le passage d'un bras</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risques chirurgicaux minimes</li> <li>- Absence de plaie externe exposée aux insectes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédure réalisée sans visualisation directe</li> <li>- Inapplicable en cas d'ovaires de taille excessive</li> <li>- Risque septique si l'animal défèque pendant la chirurgie</li> </ul>
Voie inguinale	Procédure simple, aux risques limités, fiable et offrant une observation directe des ovaires.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demande une préparation prolongée, exige une anesthésie générale et la mise en décubitus des animaux</li> <li>- Restreinte aux spécimens de petite taille (génisses mesurant moins d'un mètre au garrot) et âgés de moins de huit mois.</li> </ul>

### 3. Techniques pour retirer ou provoquer l'ischémie des ovaires

#### *a. Méthode « écrou élastique »*

Dans cette méthode, les ovaires sont laissés en place et l'ischémie provoquée par le serrage de l'élastique autour du pédicule ovarien induit une nécrose de ses tissus. L'écrou permet de maintenir l'élastique en tension autour du pédicule ovarien.

Historiquement, des perles de verre étaient utilisées, mais ces dernières ont progressivement été remplacées par des écrous. Pour ne pas user l'élastique et risquer sa rupture au moment du serrage, on peut limer l'intérieur des écrous pour les lisser (du Roizel-Marlier 2004).

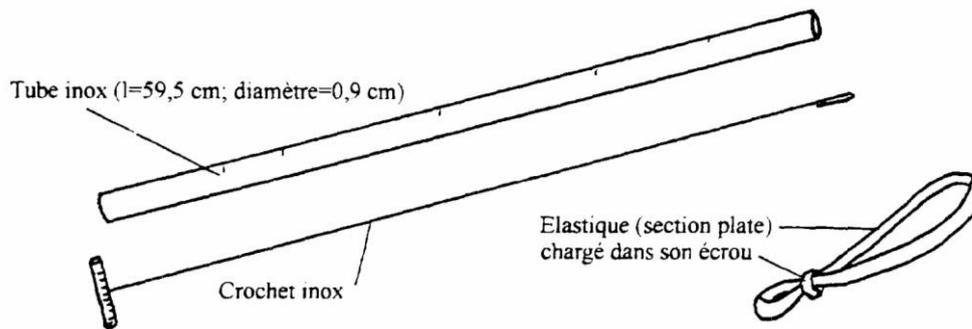


Figure 11 : Matériel spécifique à la méthode écrou-élastique(Quentin 2003)

Pour cette méthode, le vétérinaire a besoin d'un assistant qui tire sur le crochet jusqu'à voir l'élastique ressortir à l'autre bout du tube inox (Figure 11). Il faut veiller à appliquer une traction raisonnable, car si elle devient trop importante, un risque de section du pédicule ovarien existe pouvant entraîner déchirement et hémorragie. Le second ovaire est ligaturé de la même manière (du Roizel-Marlier 2004).

#### b. Pince Duclos

Le principe d'une telle pince (Figure 12) est simple en théorie : il s'agit d'une pince à élastique pour caudectomie chez les moutons, mais adaptée à l'ovariectomie c'est-à-dire qu'elle peut s'actionner depuis l'extérieur du vagin. Il faut donc une rallonge au manche afin de pouvoir écarter l'élastique pour y passer l'ovaire à travers en actionnant le mécanisme depuis l'extérieur.



Figure 12 : Pince Duclos (illustration personnelle)

L'opération est pratiquée de la manière suivante : avec deux doigts, l'index et le majeur, nous allons chercher un ovaire qui sera saisi pour être amené dans la cavité vaginale. La main que l'on garde à l'extérieur introduit la pince Elastrator modifiée, sur laquelle est déjà monté l'élastique, le long du bras du chirurgien, en prenant garde de

ne rien lacérer dans le vagin avec les griffes (on les gardera contre le bras) jusqu'au niveau de l'ovaire. C'est à ce moment-là qu'en actionnant la pince on peut distendre l'élastique pour y glisser l'ovaire avec le pouce, on relâche ensuite le mécanisme progressivement en maintenant en place l'ovaire par son pédicule, ce dernier fini donc enserré dans l'anneau en caoutchouc, ce qui entrainera l'arrêt de la vascularisation de l'ovaire (Duclos et Chastant 2001).

### *c. Ovariotope de Willis*

L'ovariotope de Willis est une tige en acier inoxydable d'environ 48 cm de long et six mm de diamètre (Figure 13).



*Figure 13 : Ovariotope de Willis (Lauder 2018)*

Une extrémité est courbée pour former une poignée, l'autre est une pointe de lance aplatie avec un trou en forme de larme. Le sommet du trou est aiguisé pour permettre de couper les attaches ovariennes. L'instrument est introduit dans le vagin et placé contre la paroi vaginale antérieure, dorsalement au col de l'utérus. La paroi est percée grâce à l'extrémité de la tête de lance et l'instrument pénètre dans l'abdomen. Chaque ovaire est placé dans l'instrument par manipulation rectale, sectionné en rétractant l'instrument et déposé dans l'abdomen. L'hémostase se fait ici uniquement par la traction réalisée sur le pédicule en rétractant l'ovariotope.

Cette technique est particulièrement utilisée en Amérique du Nord ou en Australie où les génisses sont ovariectomisées en grand nombre dans le but de garantir qu'elles ne soient pas gestantes (Lauder 2018).

#### *d. Autres méthodes*

D'autres méthodes moins courantes de stérilisation chirurgicale sont mentionnées dans la littérature. Parmi celles-ci, on trouve :

- "L'arrachement" : le chirurgien retire manuellement les ovaires en détachant l'ovaire de son ligament propre, suivi d'une traction légère pour rompre le reste de la structure (Bernard et al. 1834).
- L'utilisation de ligatures du pédicule ovarien avec des nœuds de saignée ou des serre-nœuds (Prangé 1850).
- L'écraseur de Chassaignac, où une chaîne est utilisée pour serrer le ligament et sectionner l'ovaire (Gobet 2008).

*Tableau 2 : avantages et inconvénients des méthodes pour retirer ou provoquer l'ischémie des ovaires*

	Avantages	Inconvénients
Méthode « écrou élastique »	- La quantité d'équipement requise est minimale - Les risques d'hémorragie sont faibles lorsque la tension sur l'élastique est contrôlée	- Requier un assistant lors de la mise en place des élastiques.
Pince Duclos	Rapide, facile d'utilisation	Pince onéreuse, impossible à utiliser sur des ovaires de plus de cinq cm de diamètre
Ovariectomie de Willis et Kimberling-Rupp Spay Tool	- Méthodes très rapides, pouvant être effectuées en série - Applicables sur des génisses dès qu'une	- Restreint aux génisses présentant des ovaires de petite taille et non fonctionnels

	palpation transrectale est réalisable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un risque notable d'hémorragie du pédicule ovarien</li> <li>- Possibilité d'une exérèse ovarienne incomplète</li> </ul>
--	---------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. Méthodes de stérilisation non chirurgicales

##### *a. Dispositifs intra-utérins*

Plusieurs études se sont penchées sur l'utilisation des dispositifs intra-utérins (DIU) chez la vache. Leur efficacité est principalement liée au maintien en place du dispositif.

Un tel dispositif est commercialisé en Argentine sous le nom DIUB (Figure 14) et deux études réalisées (Turin et al. 1997) et (VERA 2013) montrent une efficacité de 100% sur une durée respective de 120 et 73 jours. Si l'auteur de la première étude est également le vendeur du dispositif, l'auteur de la seconde étude ne semble pas lui avoir de conflits d'intérêts.

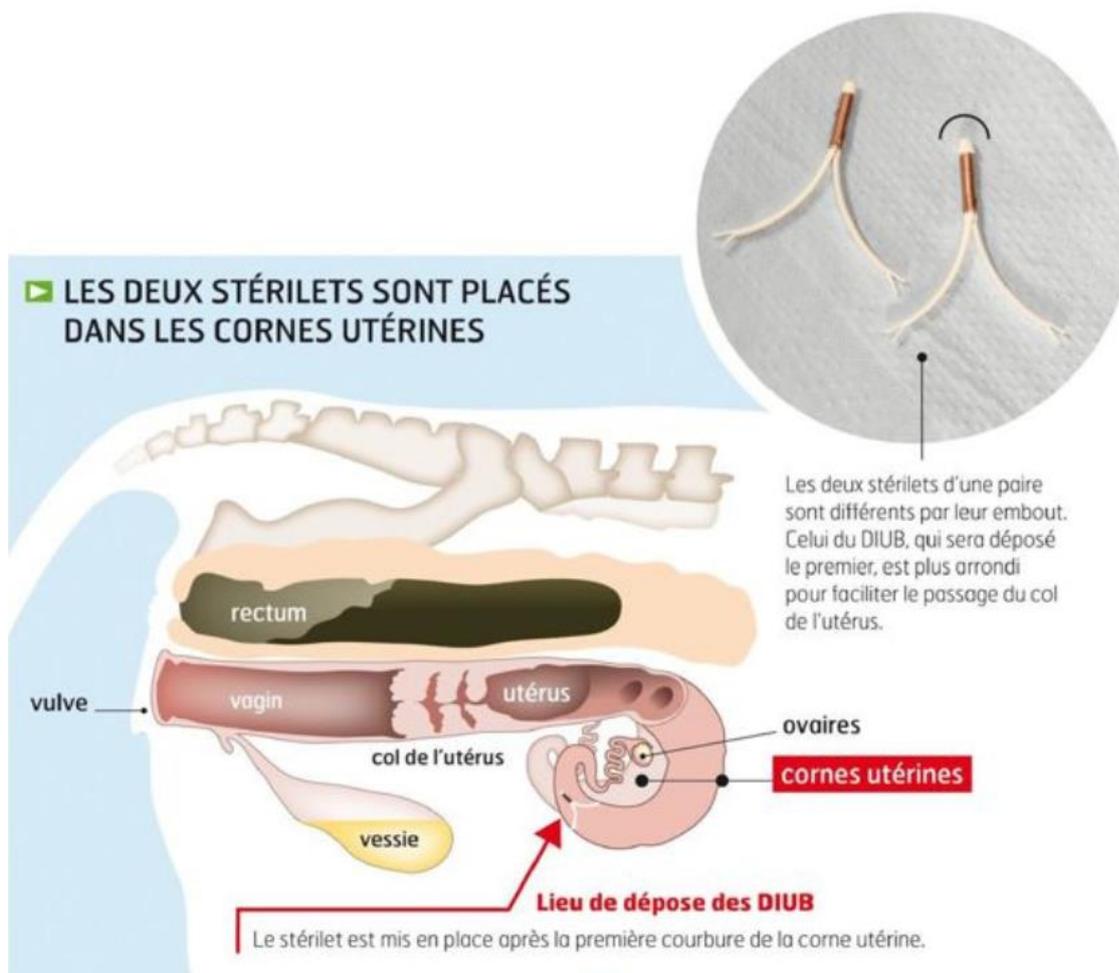


Figure 14 : schéma présentant le DIUB et son lieu de mise en place (Auvray 2016)

De plus, ces dispositifs semblent avoir un effet sur le cycle du fait de la distension de l'utérus causé par le dispositif. L'effet de la distension des cornes utérines sur le cycle de la vache a été étudié dans cette étude assez ancienne (Yamauchi et al. 1967). Ainsi le cycle peut être allongé, raccourci ou inchangé selon la période du cycle à laquelle la distension est pratiquée. Cela serait expliqué par la présence d'un axe utérus-hypophyse (Resplendino 2020) impliquant les principales hormones régulant le cycle des vaches (LH, FSH, œstrogène...). Il serait intéressant de poursuivre les recherches concernant ce sujet.

L'insertion de ce dispositif n'est pas plus invasive et donc douloureuse qu'une insémination artificielle et ne nécessite donc pas de sédation ou d'analgésie en l'état actuel des connaissances (Resplendino 2020).

#### *b. Immunocastration*

Actuellement en France, seul un vaccin anti-GnRH destiné au porcelets mâles induisant une castration chimique a été développé (Improvac®). Dans le monde d'autres vaccins ont été développés, notamment des vaccins anti-zone pellucide utilisés eux chez les femelles (chez le cheval, le cerf ainsi que d'autres mammifères sauvages) (Resplendino 2020).

A notre connaissance, il n'existe pas d'études sur l'immunocastration chez le bovin.

Une limite à l'utilisation de tels vaccins est le fait que l'animal est certes stérilisé, mais il continue de présenter des comportements sexuels, parfois même exacerbés chez certaines juments (Killian et al. 2006).

### **III. Effets indésirables des techniques et leur prise en charge**

#### **1. Contre-indications et complications per/post opératoires**

##### *a. Cas de contre-indications de la stérilisation*

La castration étant une opération de convenance, l'animal opéré doit être en bonne santé avant l'opération, particulièrement au niveau de sa sphère génitale, lieu de l'opération quand elle est pratiquée par voie vaginale.

Les vaches présentant un urovagin, une vaginite, une métrite ne peuvent pas être opérées. La gestation est elle aussi une contre-indication. En effet, l'utérus étant modifié par la gestation les repères sont totalement changés rendant l'opération par voie vaginale beaucoup plus compliquée (Bertherlier 2007).

##### *b. Principales complications et leur gestion*

###### **i) Accidents peropératoires**

Les principaux accidents survenant au cours de l'opération sont les suivants : hémorragie, ponction d'un organe (comme le rectum du fait de sa proximité, voir Figure 5), décollement du péritoine, ovaire trop volumineux (Bertherlier 2007).

Dans ces cas, une gestion classique peropératoire est mise en place, hémostase, suture des organes perforés, complétée, si c'est pertinent, d'une antibiothérapie accompagnée d'une prise en charge anti-inflammatoire supplémentaire.

Dans le cas de décollement du péritoine ou d'ovaire trop volumineux pour les instruments chirurgicaux utilisés, il ne faut pas perdre de vue qu'il s'agit généralement d'une chirurgie de convenance et qu'il n'est absolument pas acceptable de mettre en danger l'animal pour parvenir à réaliser la stérilisation, il est donc préférable de reporter l'opération à minima ou même de renoncer définitivement à opérer cette vache.

## ii) Complications postopératoires

La complication principale reste l'abcès rétropéritonéal dû à une mauvaise asepsie peropératoire (Moissonier 1995) pouvant évoluer vers une péritonite locale ou généralisée entraînant des répercussions sur l'état général de l'animal (abattement, hyperthermie, anorexie...)

Il s'agit à ce moment-là de mettre en place ou d'adapter une antibiothérapie afin de permettre à l'organisme de lutter le plus efficacement contre les bactéries et de circonscrire l'infection à l'abcès.

Dans certains cas, l'opération ne fonctionne pas et un retour en chaleur est observé. Les causes de non-fonctionnement de l'intervention sont les suivantes :

- L'élastique glisse de l'ovaire
- L'élastique se rompt

## 2. Douleur per/post opératoire et inflammation

### *a. Définition de la douleur*

D'après l'IASP (International Association for the Study of Pain 2023), « la douleur est une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, liée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite en termes d'une telle lésion ». Il y a donc à la fois une dimension concernant la nociception elle-même ainsi qu'une composante « affective » rattachée à la perception de la douleur, et une composante cognitive référant aux processus mentaux accompagnant la douleur, comme les processus d'attention, d'anticipation et de diversion ainsi que la mémoire de la douleur.

Pour ainsi dire, la douleur est la perception découlant des entrées d'informations nociceptives dans le cortex cérébral.

### *b. Dimension physiologique de la douleur*

Chez l'humain on décrit trois dimensions physiologiques de la douleur. La dimension sensorielle discriminative porte sur le stimulus douloureux et les informations qui l'accompagnent (son emplacement, son intensité et sa durée). La dimension motivationnelle-affective amène l'individu à modifier son comportement en réponse aux perturbations, à la détresse ou à la souffrance que la douleur cause à son bien-être. La dimension cognitivo-évaluative comprend les effets de l'expérience antérieure, des influences sociales, de l'anxiété et du conditionnement afin d'établir à quel point la douleur perturbe le bien-être de l'individu, c'est une dimension qui implique principalement une activité corticale. Le cortex humain différant par sa forme et sa fonction des autres mammifères, cette troisième dimension peut être assez éloignée chez les animaux par rapport à ce qu'on observe chez les humains (Hellyer et al. 2007).

### 3. Méthodes de mesure de la douleur dans le cadre de la stérilisation chirurgicale

Chez l'humain cette mesure est réalisée via une auto-évaluation sur une grille d'un à dix. Cependant cela est inutilisable pour l'évaluation de la douleur chez la vache, dès lors, on se penchera préférentiellement sur des mesures des changements comportementaux et physiologiques (Weary et al. 2006).

#### a. Mesures du comportement de la vache

Pour les changements comportementaux, on peut utiliser des grilles comme celle proposée par l'IVAPM reproduite ci-dessous. (International Veterinary Academy of Pain Management 2021)

Tableau 3 : Echelle de douleur pour bovin (International Veterinary Academy of Pain Management 2021)

Niveau de douleur	Comportement général du bovin	Comportements observables
Niveau de douleur = 0	Le bovin n'est pas dérangé par une palpation où qu'elle soit et présente un comportement normal comme présenté à droite	Calme et paisible Paitre ou manger à la mangeoire Curieux de l'environnement S'éloigne quand on approche Interaction normale avec le troupeau et le veau (si c'est une vache)

<b>Niveau de douleur = 1</b>	Le bovin peut réagir ou non à la palpation d'une plaie ou site chirurgical (se retirer, donner un coup de pied, vocaliser et présenter les traits comportementaux suivants)	Léger changement de posture Boiterie subtile ou raide Intérêt diminué pour l'environnement Avertissement de congénères environnants Secouer de manière répétée la tête
<b>Niveau de douleur = 2</b>	Le bovin réagit à la palpation en essayant de s'enfuir ou agit de manière agressive quand il est manipulé et présente les traits comportementaux suivants	Eloignement du reste du troupeau Yeux ternes et peu actifs Posture anormale, raide, sans mouvements, dos arqué, démarche boiteuse Poil rêche Diminution de l'appétit Si c'est une vache, son veau peut avoir faim et vocaliser de manière accrue
<b>Niveau de douleur = 3</b>	Le bovin s'éloigne rapidement à la palpation, peut donner des coups de pied et/ou meugler et présente ces traits comportementaux	Eloignement du reste du troupeau Raideur, sans mouvements Ne se nourrit pas Poil rêche et terne Perte de poids Posture anormale, tête en bas, queue repliée, dos arqué, oreilles vers le bas
<b>Niveau de douleur = 4</b>	Le bovin présente une raideur généralisée ainsi qu'une absence de réponse aux stimuli extérieurs et présente ces traits comportementaux	Respiration superficielle et rapide, bouche ouverte Ataxie Grincement des dents Ne se nourrit pas Bovin couché ou debout raide

Cependant ces mesures sont très subjectives et ne permettent pas une bonne répétabilité inter-observateur (Millman 2013).

Des mesures plus objectives peuvent être réalisées, en utilisant des indicateurs plus fiables et plus facilement reproductibles, ces méthodes permettent de ne plus être dépendant de l'observateur. On pourra notamment filmer les animaux pour dénombrer de manière objective certains comportements notamment la vitesse de fuite, qui est mesurée une fois l'animal relâché d'une cage de contention par exemple ou encore la

quantification de chaque position pour l'animal et la fréquence des changements d'une position à l'autre, ainsi que la durée de prise alimentaire et sa fréquence (Lauder 2018). Ainsi cela permet d'objectiver plus facilement si certains protocoles sont efficaces d'un point de vue de diminution de la douleur et du stress.

C'est dans le but de garder un maximum d'objectivité que des grilles d'évaluation comportementale plus fines et plus reproductibles ont été mises au point et évaluées lors d'inflammation systémique (Ledoux et al. 2023) ou mammaire (Ginger et al. 2023)

#### *b. Mesure des paramètres physiologiques*

La température rectale est une mesure simple et non invasive permettant d'alerter sur une inflammation potentielle, cette dernière pouvant être source de douleur.

De manière plus spécifique, de nombreux paramètres sanguins peuvent être utilisés, les principaux étant : les catécholamines, le cortisol, ainsi que des protéines présentes lors de la phase aiguë de l'inflammation.

En effet, en 2015, une étude menée sur des vaches laitières (Kirbas et al. 2015) a montré que le fibrinogène et l'haptoglobine sont très bien corrélés à l'inflammation et que l'haptoglobine est, elle également corrélée au taux de globules blancs dans le sang.

Cela donne donc plusieurs molécules dont on peut étudier les variations de concentration afin de mesurer physiologiquement les réponses à un évènement (la stérilisation chirurgicale dans notre cas).

### **4. Moyens d'analgésie utilisables chez la vache dans le cadre de la stérilisation**

La stérilisation est une opération qui se pratique en ferme dans la stabulation souvent au cornadis. Ainsi il n'est pas possible de réaliser une anesthésie générale et d'opérer l'animal couché, on utilisera donc des moyens d'analgésie locale ou des sédations sans pertes de conscience.

#### *a. Anesthésie locale ou locorégionale*

Premièrement, abordons le cas de l'ovariectomie par le flanc. Durant cette dernière une anesthésie dite traçante est réalisée au niveau de l'ouverture. L'anesthésie en ligne consiste à injecter au niveau du site d'incision en plusieurs fois 10 mL

d'anesthésique (Levionnois 2008), on utilise de la lidocaïne le plus couramment, mais la procaïne peut aussi être employée. La principale différence résidant dans le temps d'attente nécessaire entre le moment de l'injection et le moment où l'anesthésie locale est efficace, la lidocaïne étant plus rapidement efficace (communication personnelle, Dr Duclos)

Un des effets indésirables de la lidocaïne est la vasodilatation qu'elle induit qui cause des saignements plus importants. Il est possible de contrecarrer cet effet en réalisant un L inversé ou une anesthésie paravertébrale (Levionnois 2008).

Dans le cadre d'un abord par voie vaginale, l'utilisation d'une anesthésie épidurale est possible selon la méthode d'ouverture. Cette dernière se réalise avec de la procaïne ou de la lidocaïne qui est injectée entre deux vertèbres soit entre le sacrum et la première vertèbre caudale, soit à l'espace suivant (entre la première et la deuxième vertèbre caudale). Le volume varie selon l'opération que l'on réalise, ici on se situe à 300 mg de chlorhydrate de procaïne d'après le RCP (« RCP Procamidor » 2013) (soit 15 mL de procamidor par exemple).

Dans le cadre d'une ouverture avec les ciseaux de Krebs, le pneumovagin entraîné par l'épidural compromet totalement la réalisation d'un pli à prendre dans les mors des ciseaux. Il n'est donc pas possible de réaliser une analgésie par voie épidurale si cette façon de ponctionner le vagin a été choisie (communication personnelle Dr Duclos).

#### *b. Analgésie par voie systémique*

Un article paru en 2013 (Petherick et al. 2013) comparant les techniques d'ovariectomie par le flanc et par voie vaginale ainsi que diverses méthodes de contention, conclut en expliquant que, quelle que soit la technique il était impératif d'inclure dans le protocole de stérilisation des mesures pour prendre en charge la douleur et le stress liés à l'opération.

Ainsi dans une thèse de 2018 (Lauder 2018) un protocole analgésique est testé sur des génisses qui sont stérilisées par technique DOT (Dropped Ovary Technique, par voie vaginale). Ce protocole nommé BXK pour Butorphanol, Xylazine, Kétamine associe aussi du Meloxicam. Dans l'expérience menée les doses étaient les suivantes : 0.01 mg/kg de butorphanol, 0.02 mg/kg de xylazine et 0.04 mg/kg de kétamine. Le tout injecté par voie parentérale intramusculaire dans l'encolure. Pour le meloxicam, il est administré par voie orale à la posologie suivante : 1 mg/kg.

Dans cette expérimentation, il est mentionné que pour l'ensemble Butorphanol, Xylazine et Kétamine, le cout était de trois dollars et pour le Méloxicam par voie oral quatre dollars.

D'après les résultats des analyses de la réponse physiologique, cela diminue le stress des animaux recevant les molécules du protocole (baisse du taux de cortisol sanguin notamment).

Cependant, les observations directes du comportement pendant la chirurgie des animaux ne mettent pas en évidence de différence significative d'indication de douleur ou de son soulagement par le protocole, une explication serait que la contention ne permet pas aux vaches d'exprimer la douleur ressentie, ainsi que le contexte dans lequel les expérimentations sont menées n'est pas propice à l'établissement de ce genre de preuves. Ils remarquent cependant par le biais de la vitesse de fuite ainsi que par l'alternance des positions debout et couchée que les vaches ayant reçu le protocole semblent plus confortables. Ce qui nous permet de dire qu'au-delà du soulagement de la douleur peropératoire qui n'a pas pu être mise en évidence, ce protocole permet une réduction de la douleur de manière significative en postopératoire (Lauder 2018).

Ce protocole a donc démontré une efficacité sur des génisses sur lesquelles est réalisée une ovariectomie par voie vaginale avec l'ovariotome de Willis. Il n'y a pas d'étude similaire réalisée en Europe.

# PARTIE 2 : EXPERIMENTATION

## I. Introduction

L'ovariectomie est pratiquée depuis le 19<sup>ième</sup> siècle en France (Bernard et al. 1834), tout d'abord pour des intérêts liés à l'engraissement et la qualité de la viande, bien que cela ne soit pas démontré aujourd'hui (Bertherlier 2007), puis lié à une augmentation de la quantité de lait produite au cours de la lactation comme démontré dans une thèse (du Roizel-Marlier 2004), dont les mécanismes via notamment des métalloprotéines ont été expliqués (Yart et al. 2012). Il existe également quelques indications thérapeutiques comme les hémorragies ovariennes ou les tumeurs ovariennes (Chastant 1995), mais, aujourd'hui, beaucoup d'éleveurs se tournent vers cette chirurgie pour diminuer les accidents de chevauchement en élevage pouvant conduire à l'euthanasie des vaches blessées (communication personnelle, Dr François).

Différentes voies d'abord ont été mises au point, mais la voie d'abord vaginale a été démontrée comme étant la moins douloureuse par comparaison avec la laparotomie (Petherick et al. 2013), c'est également une voie d'avenir en chirurgie humaine comme le démontre une étude récente (Tekin et al. 2022).

Quelle que soit la méthode utilisée, cette intervention est associée à des modifications biochimiques et comportementales communément admises comme étant associées des manifestations de douleur chez les bovins. Il est donc indispensable d'inclure dans le protocole de stérilisation des mesures pour soulager la douleur et diminuer le stress associé à cette intervention.

Dans ce contexte, une étude au Canada se penche sur l'établissement d'un protocole analgésique et anti-inflammatoire lors de la stérilisation des bovins femelles (Lauder 2018). Ce protocole comporte du butorphanol (0.01 mg/kg), de la xylazine (0.02 mg/kg) et de la kétamine (0.04 mg/kg) ainsi que du meloxicam (1 mg/kg). Il n'existe, à notre connaissance, pas d'étude similaire en France.

C'est pourquoi il a paru opportun d'adapter le protocole mis en place au Canada aux techniques chirurgicales françaises et avec des molécules autorisées en France, afin d'étudier les complications postopératoires d'un tel protocole et de pouvoir les comparer aux bénéfices attendus de l'intervention.

Les objectifs de ce travail sont donc 1) d'évaluer la nature et la fréquence des complications postopératoires d'un protocole de stérilisation chirurgicale de la vache laitière, réadaptée aux techniques françaises et 2) de voir si par le biais d'exams complémentaires, il est possible de prédire certaines de ces complications afin de les prévenir.

## II. Matériel et méthodes

### 1. Choix des animaux

Le nombre de vaches ( $n=40$ ) minimal à inclure a été déterminé comme le nombre minimal de vaches nécessaire pour avoir au moins 80% de probabilité d'observer au moins une fois au cours de l'étude un effet indésirable s'il survient chez 5% des animaux stérilisés.

Cette expérimentation a été réalisée avec la clinique rurale de Saint-Symphorien sur Coize (dans les départements du Rhône et de la Loire, dans le pays des monts du Lyonnais), dont la clientèle est à large dominante laitière. Sur la période de juin à août 2022, les éleveurs des clientèles ont été informés de la réalisation de l'expérimentation et, sur la base de leur volontariat, une partie des vaches destinées à la réforme ont été incluses. L'étude n'était composée que d'un seul groupe d'étude stérilisé par la technique décrite ci-dessous reconnue comme étant la moins douloureuse chez les bovins dans la littérature scientifique (Petherick et al. 2013). Au moment de la réalisation de l'intervention, ont été exclues toutes les vaches présentant une contre-indication telle que la gestation, une métrite ou une endométrite clinique, un urovagin qui pourraient être mis en évidence à l'examen clinique préopératoire.

Dans le cadre des démarches classiques, l'expérimentation a fait l'objet d'une approbation par le comité d'éthique de VetAgro-Sup (comité n°2260). Une fiche d'information a été fournie à chaque éleveur et ils ont donné leur consentement écrit pour la récolte des données concernant l'expérimentation.

## 2. Procédure chirurgicale

La procédure chirurgicale réalisée sur chaque vache est détaillée ci-dessous :

Equipements : casaque de vêlage à usage unique, gants de fouille, eau tiède, brosse mi-dure, bétadine solution, compresses, canule, seringue 50cc, ciseaux de Krebs (ciseaux à crochet à long manche permettant de l'utiliser depuis l'extérieur de l'utérus), pince Duclos (équivalent d'une pince Elastrator rallongée pour pouvoir l'actionner depuis l'extérieur de l'utérus), élastiques à mouton

Etapes :

- 1) Un examen préopératoire est nécessaire afin de déceler d'éventuelles contre-indications. Il comprend notamment une fouille de la vache par voie rectale afin de s'assurer qu'elle n'est pas pleine, que la vache ne présente pas une métrite, un urovagin, un ovaire de taille trop importante, ou toute autre anomalie. Le rectum est également vidangé manuellement afin d'éviter une défécation pendant l'opération. En fonction des éventuelles anomalies détectées, le praticien prend des mesures particulières comme l'administration d'antibiotiques ou d'anti-inflammatoires supplémentaires, ou, en cas de contre-indication, reporte ou annule l'intervention.
- 2) Injection en intra musculaire des molécules suivantes : 0.01 mg/kg de butorphanol, 0.02 mg/kg de xylazine, 0.04 mg/kg de kétamine, 2 mg/kg d'acide tolfénamique. L'ensemble des produits injectés représente un cout de 25€ hors taxes pour une vache de 600 kg.
- 3) Avec un gant de fouille sur la main introduite par la suite dans le vagin, la vulve est nettoyée avec de l'eau et de la bétadine diluée et la brosse. En l'absence d'antibioprophylaxie peropératoire, une attention particulière est portée à l'asepsie préopératoire. Les poils en bas de la vulve et les deux replis au-dessus et de part et d'autre de la vulve sont soigneusement désinfectés. La suite de la technique chirurgicale a été réalisée sans gants pour des raisons de praticité (meilleure prise en main du pli du vagin qui, sinon, glisse trop). Trois lavages chirurgicaux des mains des opérateurs ont été réalisés.
- 4) La vulve est imbibée de bétadine solution à l'aide d'une compresse imprégnée de bétadine solution.

- 5) 50ml de bétadine diluée au dixième sont introduits dans le vagin à l'aide d'une canule introduite profondément, mais sans forcer
- 6) Introduction d'une main dans le vagin de la vache. NB : Il s'agit ici de la manipulation qui semble le plus causer de gêne à la vache.
- 7) Un pli du vagin est saisi au-dessus du col de l'utérus puis pincé avec les ciseaux de Krebs. Cette étape doit être réalisée rapidement, car un pneumovagin se met en place en peu de temps après introduction de la main rendant ensuite impossible l'action d'attraper un pli de vagin.
- 8) Une fois le pli tenu par les ciseaux de Krebs, les épaisseurs prises dans les mors des ciseaux sont comptées. Elles doivent comprendre le péritoine et la muqueuse vaginale. NB : la sensation de palpation du péritoine ressemble à celle d'une chemise que l'on sent glisser dans les doigts sous un pull.
- 9) Une fois que la présence des deux épaisseurs et uniquement de ces deux-là est confirmée, elles sont sectionnées en fermant les ciseaux, un bruit caractéristique, une sorte de « claquement » se fait entendre quand le péritoine a bien été sectionné. NB : Il faut veiller à bien appuyer sur les mors pour que les lames coupent bien et ne hachent pas les chairs.
- 10) Les ovaires sont ensuite présentés successivement par l'ouverture ainsi aménagée après exploration de la cavité abdominale avec deux doigts. NB : Pour les vaches multipares ayant un utérus volumineux et des ligaments ovariens plus lâches, une ouverture plus grande de la cavité vaginale pourra être nécessaire afin d'y insérer la main lors de la recherche des ovaires dans la cavité abdominale.
- 11) Une fois l'ovaire accessible, l'élastique est placé autour de son pédicule à l'aide de la pince Duclos. L'opération est répétée pour le second ovaire.
- 12) L'opération est terminée, elle ne nécessite pas de suture du vagin

### 3. Prélèvements et mesures

#### *a. Examen clinique et observation comportementale*

Sur chaque vache un examen clinique complet ainsi qu'une analyse comportementale sont réalisés grâce à un éthogramme avant la chirurgie (J0), trois heures (H3) et trois jours (J3) après la chirurgie (Figure 15).



Numéro de boucle : .....  J0  H3  J3

<p><b>Etat d'éveil</b></p> <p><input type="checkbox"/> Excité  <input type="checkbox"/> Vigilant  <input type="checkbox"/> Somnolent  <input type="checkbox"/> Endormi  <input type="checkbox"/> Abattu  <input type="checkbox"/> autre : .....</p>	<p><b>Posture générale</b></p> <p><input type="checkbox"/> Debout  <input type="checkbox"/> Debout mais instable  <input type="checkbox"/> Debout en appui sur paroi  <input type="checkbox"/> Debout piétinement  <input type="checkbox"/> Décub. sternal  <input type="checkbox"/> Décub. Latéral  <input type="checkbox"/> Assis "en chien"  <input type="checkbox"/> Tourne dans le box normalement  <input type="checkbox"/> Marche de manière instable  <input type="checkbox"/> autre : .....</p>	<p><b>Animal debout</b></p> <p><u>Membres Antérieurs :</u>  <input type="checkbox"/> Verticaux    <input type="checkbox"/> Etrés vers l'avant /  <input type="checkbox"/> Vers arrière (sous A) \  <input type="checkbox"/> autre : .....</p> <p><u>Membres Postérieurs :</u>  <input type="checkbox"/> Verticaux    <input type="checkbox"/> Vers avant (sous A) /  <input type="checkbox"/> Etrés vers l'arrière \  <input type="checkbox"/> autre : .....</p>	<p><b>Animal couché</b></p> <p><u>Membres Antérieurs:</u>  <input type="checkbox"/> 2 Membres Ant. repliés  <input type="checkbox"/> 2 Membres Ant. étendus  <input type="checkbox"/> 1 seul Membre Ant. Étendu  <input type="checkbox"/> autre : .....</p> <p><u>Membres Postérieurs :</u>  <input type="checkbox"/> 2 Membres Post. repliés  <input type="checkbox"/> 2 Membres Post. étendus  <input type="checkbox"/> 1 seul membre Post. Étendu  <input type="checkbox"/> autre : .....</p>	<p><b>Dos</b></p> <p><input type="checkbox"/> Droit  <input type="checkbox"/> Voussé  <input type="checkbox"/> Lordose  <input type="checkbox"/> Pas visible  <input type="checkbox"/> Animal couché  <input type="checkbox"/> autre : .....</p>
<p><b>Queue</b></p> <p><u>Posture :</u>  <input type="checkbox"/> Normale : pas d'appui  <input type="checkbox"/> Contre vulve  <input type="checkbox"/> Contre vulve et entre pattes  <input type="checkbox"/> Relevée  <input type="checkbox"/> Animal couché  <input type="checkbox"/> Pas visible  <input type="checkbox"/> autre : .....</p> <p><u>Mouvements :</u>  <input type="checkbox"/> Immobile  <input type="checkbox"/> Mobile= touche le bas des cuisses  <input type="checkbox"/> Très Mobile = touche haut des cuisses</p>	<p><b>Posture de la Tête par rapport au tronc</b></p> <p><input type="checkbox"/> au dessus des épaules  <input type="checkbox"/> au niveau des épaules  <input type="checkbox"/> sous les épaules (bas)  <input type="checkbox"/> au sol (tête touche le sol)  <input type="checkbox"/> rabattue latéralement  <input type="checkbox"/> pas visible  <input type="checkbox"/> autre : .....</p>	<p><b>Alimentation</b></p> <p><input type="checkbox"/> Rumine / mâche  <input type="checkbox"/> Mange  <input type="checkbox"/> Boit  <input type="checkbox"/> Lèche  <input type="checkbox"/> Ne mange /rumine/mâche pas  <input type="checkbox"/> Pas visible  <input type="checkbox"/> autre : .....</p>	<p><b>Interaction avec environnement</b></p> <p><u>Orientation de la tête :</u>  <input type="checkbox"/> Tête dans un coin du box  <input type="checkbox"/> Tête non orientée dans un coin  <input type="checkbox"/> Pas visible  <input type="checkbox"/> autre : .....</p> <p><u>Mouvements :</u>  <input type="checkbox"/> Mvt Tête et oreilles  <input type="checkbox"/> Mvt Tête mais pas des oreilles  <input type="checkbox"/> Mvt oreilles mais pas de la tête  <input type="checkbox"/> Aucun mvt (ni tête ni oreilles)  <input type="checkbox"/> Pas visible  <input type="checkbox"/> autre : .....</p>	<p><b>Autres activités</b></p> <p><input type="checkbox"/> Pas d'autre activité  <input type="checkbox"/> Se tape avec ses postérieurs  <input type="checkbox"/> Grincement des dents  <input type="checkbox"/> Plaintes  <input type="checkbox"/> Meuglement  <input type="checkbox"/> Halètement  <input type="checkbox"/> Tremblement  <input type="checkbox"/> Lèche / renifle envt.  <input type="checkbox"/> Toux  <input type="checkbox"/> Se gratte / se lèche : indiquer quelle partie du corps : .....</p> <p><input type="checkbox"/> Pas visible  <input type="checkbox"/> autre : .....</p>
<p><b>Yeux</b></p> <p><u>Ouverture :</u>  <input type="checkbox"/> Grand ouvert <input type="checkbox"/> Ouvert  <input type="checkbox"/> Semi ouvert <input type="checkbox"/> Fermé  <input type="checkbox"/> Exorbité <input type="checkbox"/> Non visible  <input type="checkbox"/> autre : .....</p> <p><u>Couleur ( blanc de l'oeil):</u>  <input type="checkbox"/> blanc <input type="checkbox"/> rosée <input type="checkbox"/> rouge  <input type="checkbox"/> Non visible <input type="checkbox"/> Autre : .....</p> <p><u>Enfoncement :</u>  <input type="checkbox"/> Creux <input type="checkbox"/> Normal  <input type="checkbox"/> Non visible <input type="checkbox"/> Autre : .....</p> <p><u>Humidité / Ecoulement :</u>  Humidité : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non  Ecoulement : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non  <input type="checkbox"/> Larmes coulantes  <input type="checkbox"/> Non visible  <input type="checkbox"/> Autre : .....</p>	<p><b>Mufle</b></p> <p><u>Mobilité:</u>  <input type="checkbox"/> Mouvement du mufle (retroussement)  <input type="checkbox"/> Pas de mouvement du mufle (immobile)  <input type="checkbox"/> Non visible  <input type="checkbox"/> Autre : .....</p> <p><u>Naseaux :</u>  <input type="checkbox"/> Contraction des naseaux  <input type="checkbox"/> Dilatation des naseaux  <input type="checkbox"/> Ni Contraction ni Dilatation  <input type="checkbox"/> Non visible  <input type="checkbox"/> Autre : .....</p> <p><u>Humidité / Ecoulement :</u>  Humidité Nasale : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non  Ecoulement Nasal : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non  <input type="checkbox"/> Non visible  <input type="checkbox"/> Autre : .....</p>	<p><b>Oreilles</b></p> <p><u>Position horizontale:</u>  <input type="checkbox"/> Avant <input type="checkbox"/> Milieu <input type="checkbox"/> Arrière</p> <p><u>Position verticale :</u>  <input type="checkbox"/> Haut <input type="checkbox"/> Centre <input type="checkbox"/> Bas</p> <p><u>Orientation du pavillon :</u>  <input type="checkbox"/> En avant <input type="checkbox"/> En arrière  <input type="checkbox"/> Sur le côté <input type="checkbox"/> En bas</p> <p><u>POSITION:</u> .... / .... / .....</p> <p><u>N° Position:</u> .....</p> <p><input type="checkbox"/> Non visible</p>	<p><b>Muscles de la tête</b></p> <p><u>Muscles du Chanfrein :</u>  <input type="checkbox"/> Proéminents  <input type="checkbox"/> Pas proéminents  <input type="checkbox"/> Non visibles  <input type="checkbox"/> Autre : .....</p> <p><u>Arcade sourcilière (au dessus de l'oeil) :</u>  Proéminente: <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non  Striée: <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non  <input type="checkbox"/> Non visible  <input type="checkbox"/> Autre : .....</p>	<p><b>Réaction à la présence humaine devant le box (Après 10s)</b></p> <p><input type="checkbox"/> Immobile, observe  <input type="checkbox"/> Immobile, indifférent  <input type="checkbox"/> Approche mais sans contact  <input type="checkbox"/> Approche et contact (nez, langue)  <input type="checkbox"/> Recule  <input type="checkbox"/> Attaque</p>

Figure 15 : éthogramme utilisé pour réaliser les observations comportementales des animaux en cours d'étude (Ginger et al. 2023) (Ledoux et al. 2023)

Des prélèvements sanguins ont été réalisés sur tube sec à la veine caudale, à J0 et J3 afin de mesurer l'haptoglobinémie, un paramètre sanguin marqueur de la phase aiguë de l'inflammation.

a) Analyse sanguine

Les tubes secs ont été centrifugés à la clinique dès la fin des stérilisations dans l'élevage, puis congelés à -20°C. Ces prélèvements sont réalisés avant l'opération et trois jours après. La mesure de la concentration sérique en haptoglobine est ensuite réalisée au laboratoire de pathologie du bétail de Vetagro Sup grâce au kit SmartStrips™ haptoglobine (Biox Diagnostics, Belgique), selon les recommandations du fabricant. Il s'agit d'un test ELISA rapide dont le résultat est lu grâce à une caméra de smartphone qui réalise une mesure de colorimétrie à l'aide d'une application comme présenté dans la Figure 16.



Figure 16 : Lecture à l'aide de l'application Smartstrip (sur smartphone) du résultat du test BIO K 328 - QuantELISA Haptoglobine bovine / Sandwich. Image d'après <https://www.biox.com/fr/accueil/>.

Les limites inférieures et supérieures de quantification du dispositif sont respectivement de 30 µg/mL et 1000 µg/mL, il a été choisi que pour le résultat donné <30 µg/mL on retiendrait 30 µg/mL et pour un résultat donné >1000 µg/mL on retiendrait 1000 µg/mL.

Nous avons fixé comme seuil considéré comme en faveur d'une inflammation la valeur de 150 µg/mL d'après (Carré 2020).

#### *b. Cytologie vaginale*

Un écouvillonnage cervical a également été réalisé après nettoyage de la zone périnéale, mais avant de déposer la solution antiseptique dans le vagin. Ces écouvillons étaient étalés dans l'élevage afin de conserver au mieux les cellules et avoir la meilleure sensibilité.

Les lames ont ensuite été lues au microscope au grossissement \*400 afin de compter 400 cellules sur chaque lame (pour les lames ne contenant pas 400 cellules, l'intégralité de la lame a été examinée). Les polynucléaires et les autres cellules nucléées (principalement des kératinocytes) ont été dénombrés afin d'établir un ratio polynucléaires/cellules nucléées.

Certaines lames (7) ne présentaient pas de cellules à leur surface et n'ont donc pas pu faire l'objet d'un décompte. Elles ont donc été considérées comme non-interprétables dans notre étude. Le seuil de 2% ayant été déterminé comme étant le meilleur pour le diagnostic d'endométrite subclinique (McDougall et al. 2020), il a donc été choisi de prendre le même pour notre expérimentation.

#### 4. Définition des complications

Nous avons défini comme complication clinique, les vaches présentant un examen clinique n'étant pas dans les normes. Ici on a surtout remarqué des écarts à la norme en termes de température rectale. Le seuil est fixé à 39.5 °C d'après (Carré 2020), au-dessus de cette température, la vache a donc été catégorisée comme étant en hyperthermie.

La température restant un indicateur peu sensible de l'inflammation, nous nous sommes également penchés sur les complications biochimiques de l'opération avec le taux d'haptoglobine et nous avons retenu comme seuil limite 150 µg/mL d'après

(Carré 2020). De même nous avons aussi inclus les augmentations de plus de 100 µg/mL dans les complications biochimiques.

## 5. Analyse statistique

Les données ont été compilées dans un tableau via Excel puis converties au format texte afin d'être utilisées pour l'analyse statistique.

L'analyse des résultats a été réalisée avec le logiciel R (R FOUNDATION 2020). Le package suivant ggplot2 (Wickham 2016) a également été utilisé pour la création des graphiques.

Dans un premier temps, nous avons décrit graphiquement les résultats puis réalisé des tests de McNemar pour les fréquences appariées, pour les fréquences non appariées un test de Fisher, pour les tests de corrélation c'est le coefficient de Spearman qui a été utilisé et concernant les valeurs quantitatives c'est un test de Wilcoxon qui a été réalisé.

## III. Résultats

### 1. Population d'étude

Nous avons réalisé les examens cliniques préopératoires de 50 vaches à l'issue desquels, deux vaches ont été exclues, car présentant un urovagin pour l'une et une infection au niveau du col de l'utérus pour l'autre.

Ainsi nous avons opéré 48 vaches réparties dans 10 élevages différents (nommés par des lettres de A à K en excluant J pour éviter des confusions avec la temporalité).

Il y avait entre une et 12 vaches par élevage, de race Montbéliarde et Prim'Holstein.

### 2. Retour des éleveurs sur l'intervention

Les complications remarquées par l'éleveur sont les suivantes : une vache ayant fait un abcès rétro-péritonéal et une vache ayant fait un pic d'hyperthermie deux jours après la chirurgie, elle a reçu un antibiotique (Benzylpénicilline et Dihydrostreptomycine) ainsi qu'un nouvel anti-inflammatoire (Kétoprofène). Avec ce traitement complémentaire, elle ne présentait plus d'hyperthermie au troisième jour.

En dehors de ces complications, les éleveurs étaient contents de la rapidité de l'opération et du fait que les vaches s'en remettaient globalement très bien.

### 3. Evolution des paramètres au cours du suivi

La fréquence ruminale n'a pas varié sauf chez la vache présentant un abcès rétropéritonéal qui a présenté une arumination passagère postopératoire en cours de résolution au troisième jour (la vache ruminait, mais à une fréquence plus faible que la normale et avec une intensité diminuée).

De même les fréquences cardiaques et respiratoires sont restées dans les valeurs usuelles pour l'ensemble des animaux aux différents moments d'observation.

#### *a. Evolution de la répartition des températures rectales*

Seules deux vaches ont présenté une hyperthermie ( $TR > 39,5^{\circ}\text{C}$ ), et uniquement au troisième jour postopératoire (Figure 17).

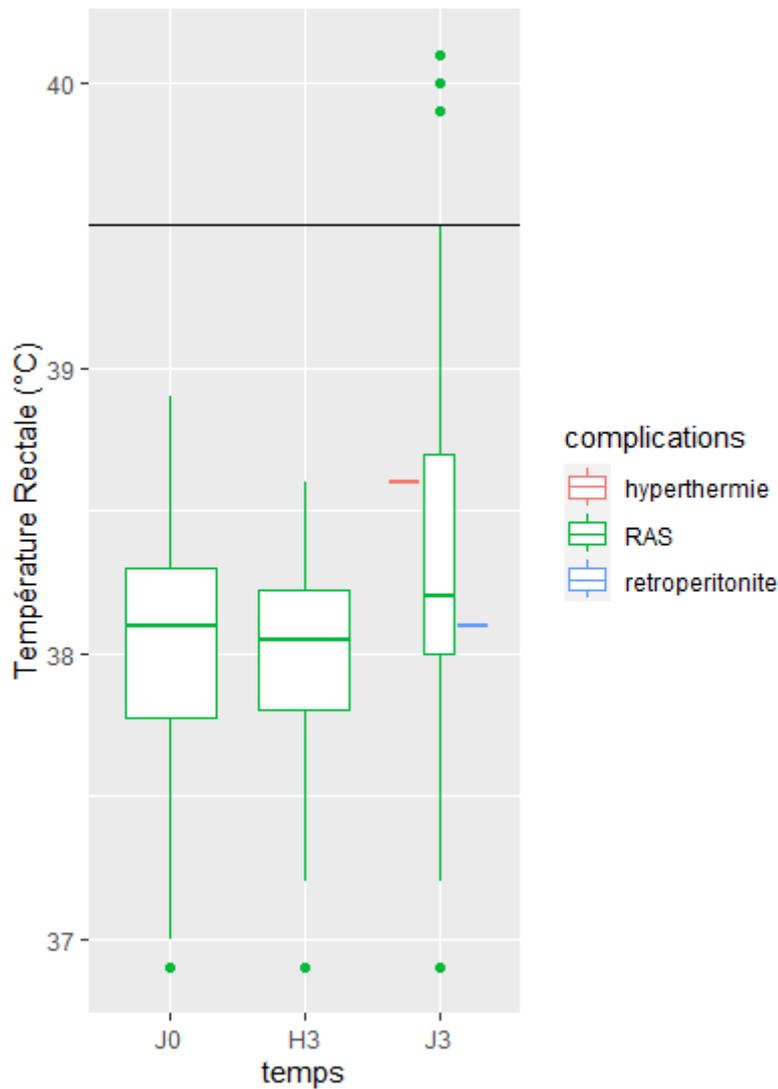


Figure 17 : Boxplot de la répartition des températures rectales à J0, H3 et J3, la ligne continue représente le seuil de 39.5°C, en rouge est représentée la vache ayant présenté de l'hyperthermie à J2 d'après l'éleveur, en bleu la vache qui a eu une rétroperitonite et en vert les vaches n'ayant pas présenté de complications.

### b. Evolution de la répartition des taux d'haptoglobine

50% des vaches de l'étude (24 sur 48), ont un taux d'haptoglobine qui dépasse le seuil fixé à 150 µg/mL, alors qu'il y en avait seulement quatre (8%) avant la chirurgie. (Figure 18). Cette différence est significative avec le test de McNemar ( $p$ -value  $<0,001$ ), il y a donc significativement plus de vaches ayant un taux d'haptoglobine supérieur au seuil à J3 par rapport à J0. De même, la médiane du taux d'haptoglobine est significativement plus élevée à J3 (médiane à 152.5 µg/mL) qu'à J0 (médiane à 30 µg/mL) ( $p$ -value  $<0.001$  du test de Wilcoxon).

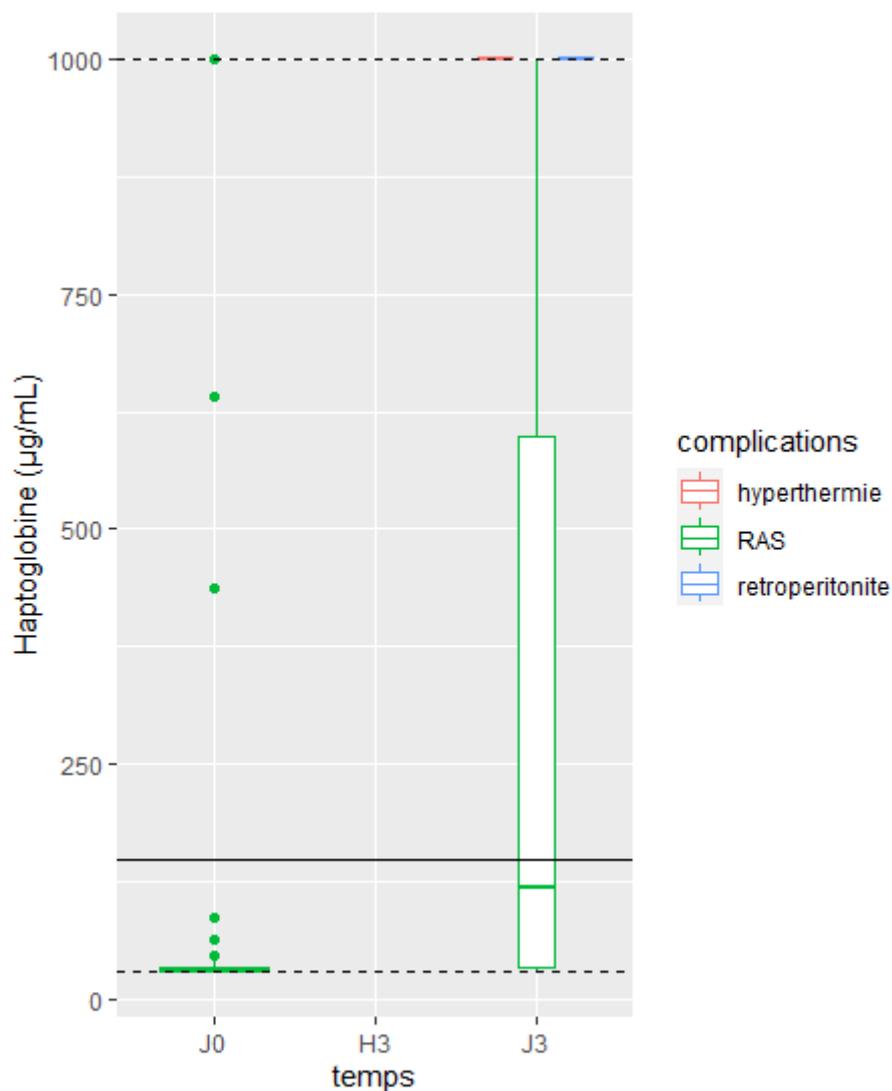


Figure 18 : Boxplot de la répartition des taux d'haptoglobine à J0 et J3, les lignes en pointillé à 30 et 1000 µg/mL représentent les limites de détection inférieure et supérieure du Smartstrip haptoglobine utilisé, la ligne continue représente le seuil fixé à 150µg/mL. En rouge est représentée la vache ayant présenté de l'hyperthermie à J2, en bleu la vache qui a eu une rétroperitonite et en vert les vaches n'ayant pas présenté de complications cliniques.

On remarque que les deux vaches ayant présenté des complications cliniques présentent également des taux d'haptoglobine supérieurs ou égaux à 1 000 µg/mL au troisième jour postopératoire.

### c. Répartition des taux de polynucléaires sur les cytologies vaginales

Parmi les 48 lames réalisées seules 41 ont pu être interprétées (les sept autres n'ayant pas de cellules à leur surface ne l'ont pas été). Parmi ces 41 lames, 36 (soit 88%) présentaient un taux de polynucléaires neutrophiles inférieur à 2% et cinq vaches (12%) à plus de 2% de neutrophiles (Figure 19).

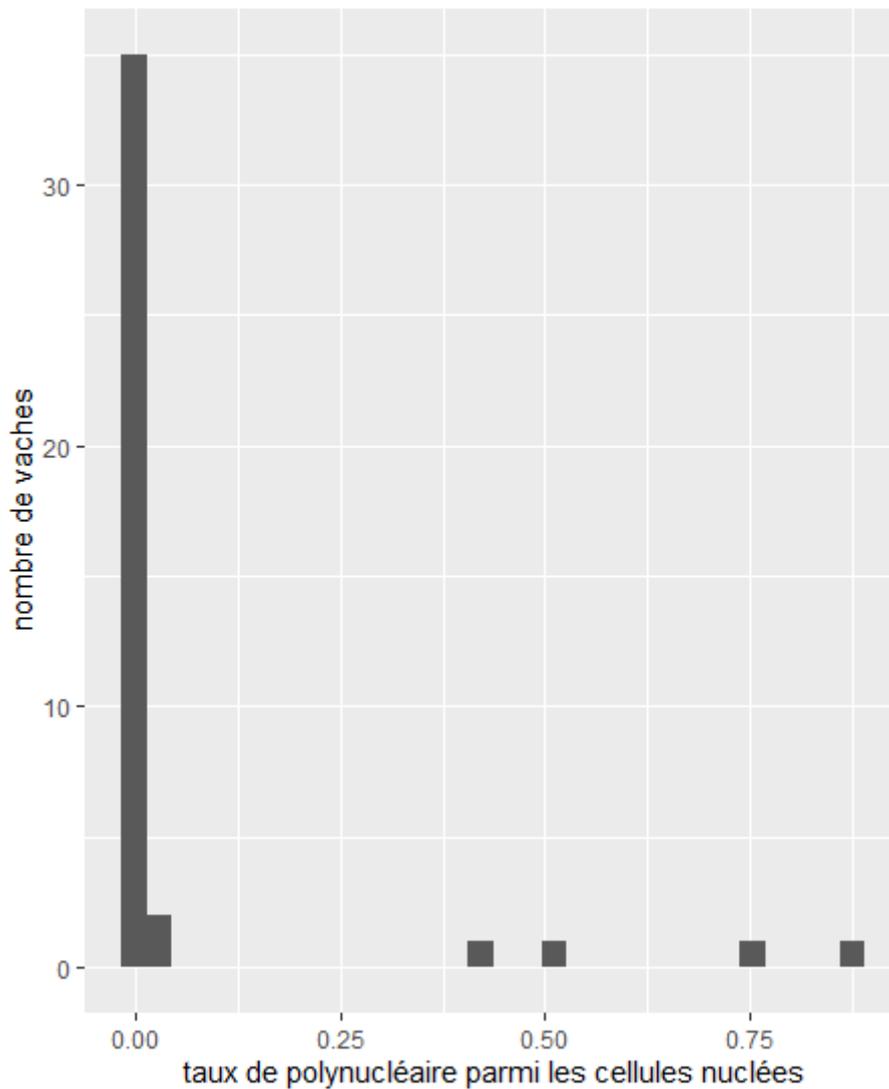


Figure 19 : histogramme de la répartition des taux de polynucléaires parmi les cellules nucléées à J0

#### d. Description de l'éthogramme

##### i) Répartition des comportements observés en fonction du suivi

Pendant la réalisation de l'éthogramme, nous avons observé les comportements suivants : état d'éveil, posture, position des membres antérieurs et postérieurs, position du dos et de la queue, les mouvements de la queue, la position de la tête par rapport au tronc, si la vache s'alimente ou non, ses interactions avec l'environnement (position de la tête et mouvements), les autres activités de la vache, les caractéristiques de ses yeux (ouverts ou non, couleur, humidité, écoulements, enfoncement), les caractéristiques du mufle (mouvements, contraction/dilatation, humidité et écoulements), la position des oreilles et leur orientation, les caractéristiques des muscles du chanfrein et de l'arcade sourcilière (proéminence,

striée ou non) ainsi que les réactions à la présence d'un humain à proximité du box à J0, H3 et J3. Les comportements pour lesquels la répartition n'était pas similaire à J0, H3 et J3 d'après le test du chi<sup>2</sup> sont listés dans le Tableau 4 avec les effectifs correspondants à chaque observation et chaque temps.

Tableau 4 : effectifs des comportements pour lesquels le test du khi 2 est significatif

Comportement	Observation	J0	H3	J3	p-value du test du chi <sup>2</sup>
Posture	Debout	48	27	43	<0.001
	Décubitus sternal	0	21	5	
Positions des membres antérieurs	2 membres étendus	0	0	0	<0.001
	2 membres repliés	0	21	5	
	2 membres verticaux	48	27	43	
Position des membres postérieurs	2 membres étendus	0	0	1	<0.001
	2 membres repliés	0	21	4	
	2 membres verticaux	48	27	43	
Posture du dos	Droit	48	29	42	<0.001
	Couchée	0	18	4	
	Voussé	0	1	2	
Position de la queue	Contre la vulve	0	0	3	<0.001
	Couchée	0	13	4	
	Entre les pattes	0	0	1	

	Normale	48	24	39	
	Relevée	0	11	1	
Position de la tête par rapport au tronc	Au-dessus	17	25	29	<0.05
	Au niveau	27	14	13	
	Sol	0	2	2	
	sous	4	7	4	
Position de l'oreille par rapport au plan central	Arrière	26	17	10	<0.05
	Avant	3	4	7	
	Milieu	19	27	31	
Orientation du pavillon	Arrière	25	16	7	<0.01
	Avant	23	31	38	
	Bas	0	0	2	
	Côté	0	1	1	

Ainsi, dans le Tableau 4 on remarque que les vaches de l'étude étaient significativement plus souvent couchées et présentaient plus souvent la queue relevée à H3 par rapport à J0 et J3.

Aussi, concernant la posture du dos, les vaches ayant une posture dite « couchée » sont des vaches couchées ne présentant pas d'anomalie de posture.

On remarque des vaches présentant un dos voussé à H3 et J3, celle qui est voussée à H3 ne fait pas partie des deux qui le sont à J3.

Concernant la position de la queue, on observe également des différences (Tableau 4). On a à H3, 11 vaches (23%) présentant la queue relevée alors qu'aucune ne l'avait à J0.

## ii) Carte des facteurs

Pour mieux visualiser la répartition des différents comportements observés au cours de l'étude et leur relation entre eux, une analyse factorielle par composante principale (FAMD) a été réalisée. Les trois premières dimensions expliquant respectivement

15.9%, 9.3% et 6.4% de la FAMD ont été conservées (Annexe 3, Figure 4.1). Néanmoins, la 2ème dimension est essentiellement influencée par une vache à J3 qui était la seule à présenter un comportement excité, haleter etc. (Annexe 3, Figure 4. 2). Les résultats de la FAMD seront donc uniquement présentés sous la forme de projection sur les dimensions 1 et 3.

Sur le graphique des individus des dimensions 1 et 3 (Figure 20), toutes les observations faites à J0 se trouvent du côté gauche de la dimension 1 alors qu'une part importante des observations faites à H3 et que quelques observations faites à J3 se trouvent du côté droit. La dimension 1 permet donc de discriminer les observations faites à J0 d'une partie des observations faites à H3 et J3. Sur le même graphique, on remarque que la majorité des observations faites à J0 sont projetées dans la partie basse de la dimension 3 alors que la majorité des observations faites à H3 et J0 sont, elles projetées dans la partie haute de cette dimension. La partie basse de la dimension 3 est donc plutôt associée aux observations faites à J0 alors que sa partie haute est plutôt associée aux observations faites à H3 et J3.

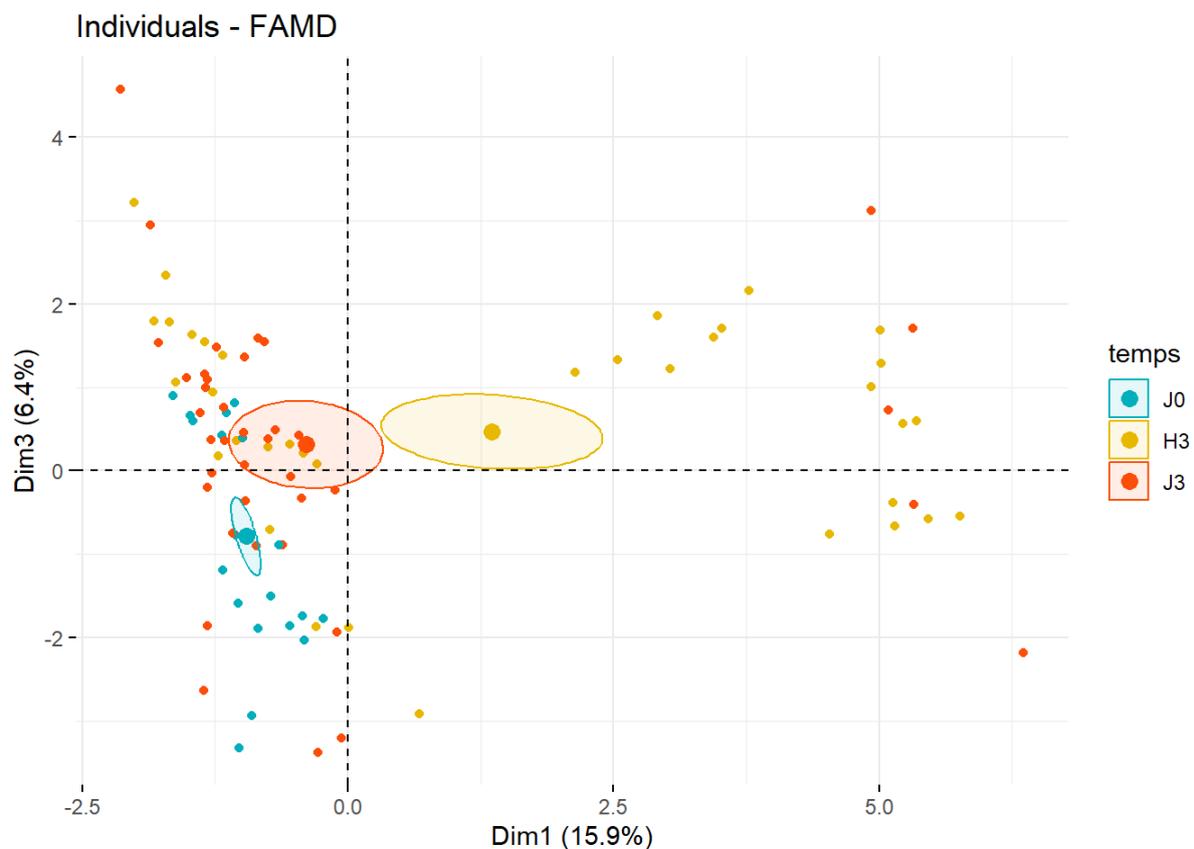


Figure 20 : Graphique des individus projeté en fonction des deux dimensions conservées (1 et 3) et colorées en fonction du temps de suivi (J0, H3 et J3). Les ellipses correspondent à l'intervalle de confiance à 95% autour du barycentre de l'ensemble des individus de chaque temps.

Sur le graphique des variables catégorielles de la FAMD (Figure 21), on retrouve, sur la partie droite de la dimension 1, les catégories « 2 replie », « couché », « couchée » et « décubitus sternal » qui sont quatre catégories de comportements associées au fait d'être couché et d'avoir ses membres repliés sous soi. Ces comportements étant liés il est logique qu'ils soient projetés ensemble, mais ils sont également associés aux observations faites à H3. De la même façon, les catégories membres « vertical » et « debout » sont du côté gauche de la dimension 1 et donc associé au temps J0.

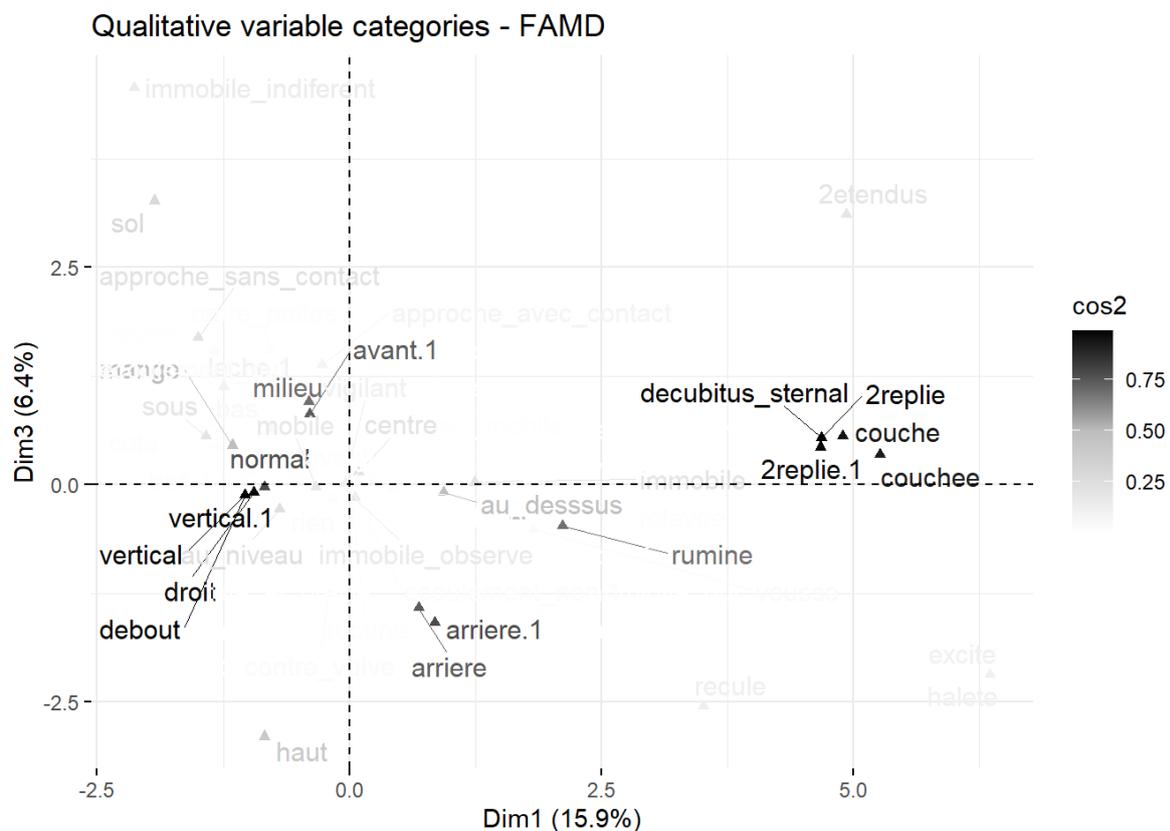


Figure 21 : Graphique des variables catégorielles projeté en fonction des deux dimensions conservées (1 et 3) et colorées en gradient de gris en fonction de la qualité de leur projection (de blanc pour un  $\cos^2=0$  à noir pour un  $\cos^2$  égal à 1).

Quand on s'intéresse spécifiquement à la position (Figure 22) des sous-catégories de comportements étant significativement non homogènement répartie en fonction des différents temps d'observation (Tableau 4), on remarque que :

- H3 est associé avec les sous-catégories membres antérieurs et postérieurs « repliés » ou « étendus », dos « couché », posture : « décubitus sternal », queue « couchée » ou « relevée », ...
- Idem pour J3 et J0.

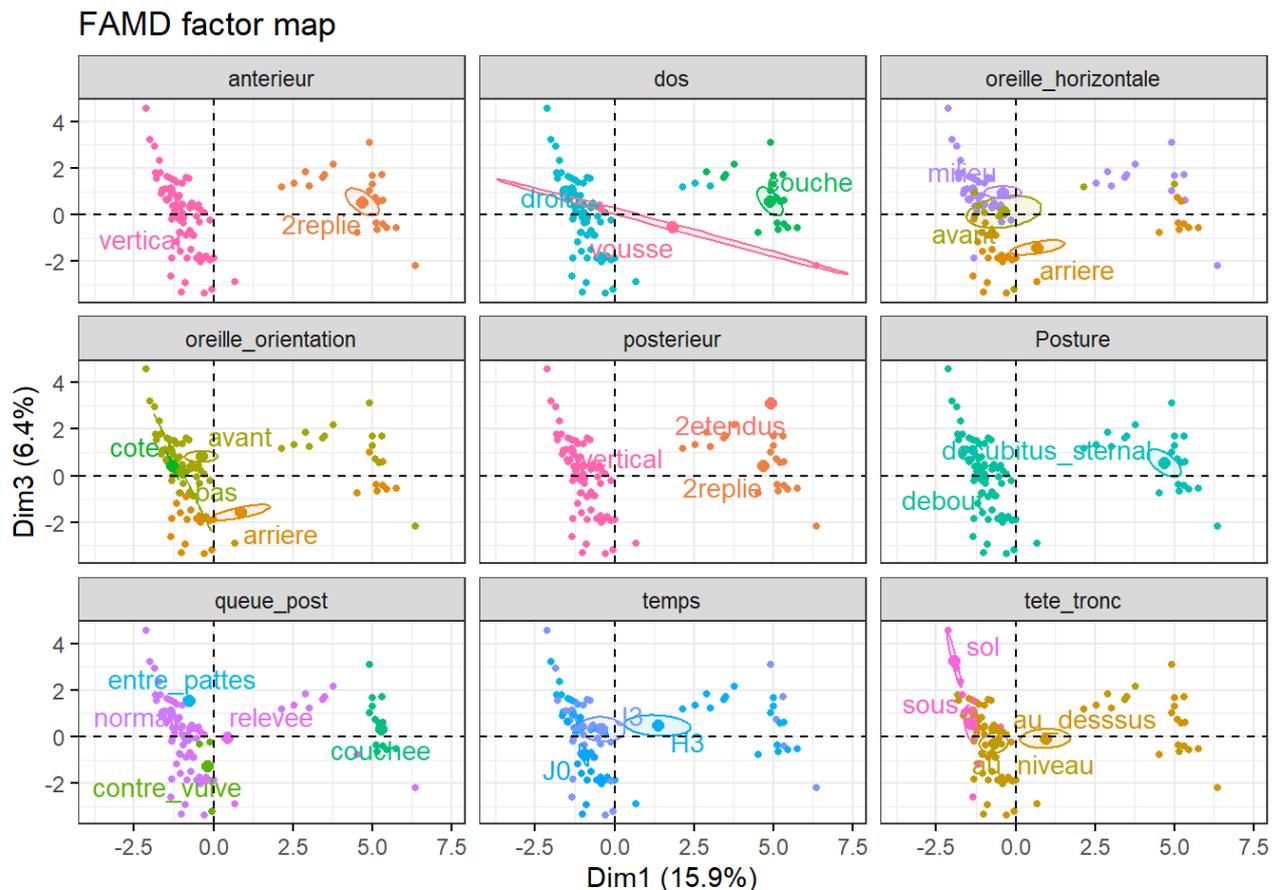


Figure 22 : Ensemble des cartes des facteurs dans les dimensions 1 et 3 pour les variables dont la  $p$ -value univariée est inférieure à 0.05

#### 4. Corrélation entre les différents types de complications et recherche de facteurs prédictifs de complications

##### a. Corrélation entre les complications cliniques, biologiques et cytologiques

##### i) Corrélation entre les mesures réalisées à J0

Parmi l'ensemble des variables mesurées à J0 (température rectale, fréquence cardiaque et ruminale, haptoglobine et taux de PNN vaginaux), seul le taux d'haptoglobine et le taux de PNN vaginaux à J0 sont significativement corrélés

(coefficient de Spearman estimé à 0.33 avec une  $p$ -value $<0.05$ ) (Figure 23). Les vaches présentant une neutrophilie vaginale avaient donc tendance à avoir des taux d'haptoglobine plus élevés.

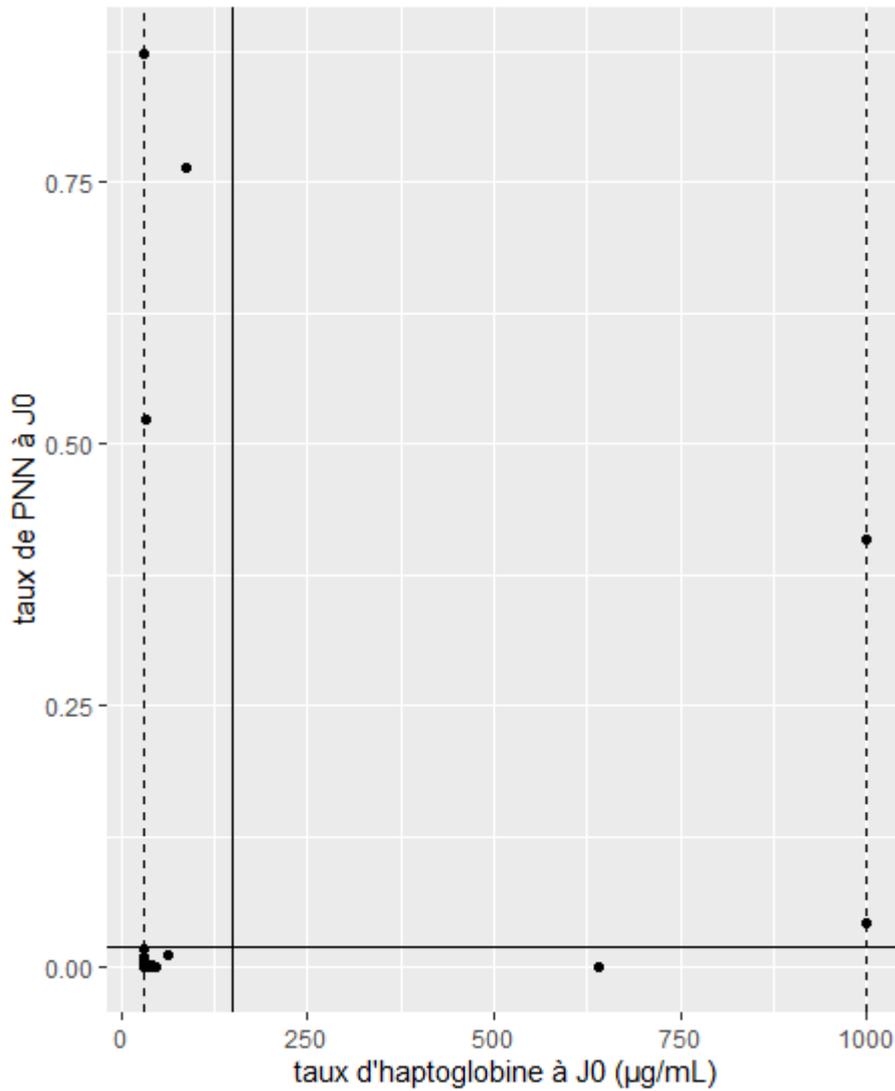


Figure 23 : taux de PNN à J0 en fonction de l'haptoglobine à J0, la ligne horizontale continue représente le seuil de 2% (McDougall et al. 2020), les lignes verticales en pointillé à 30 et 1000 µg/mL représentent les seuils inférieur et supérieur du test utilisé, la ligne verticale continue représente le seuil fixé à 150µg/mL d'après (Carré 2020)

ii) Corrélation entre les mesures réalisées à J0 et à J3 :

Aucune des corrélations estimées entre les taux de PNN à J0 et les autres variables mesurées à J3 ne sont significatives. En particulier pour la relation entre les taux de PNN vaginaux à J0 et l'haptoglobémie (Figure 25) ou la température rectale (Figure 24) à J3.

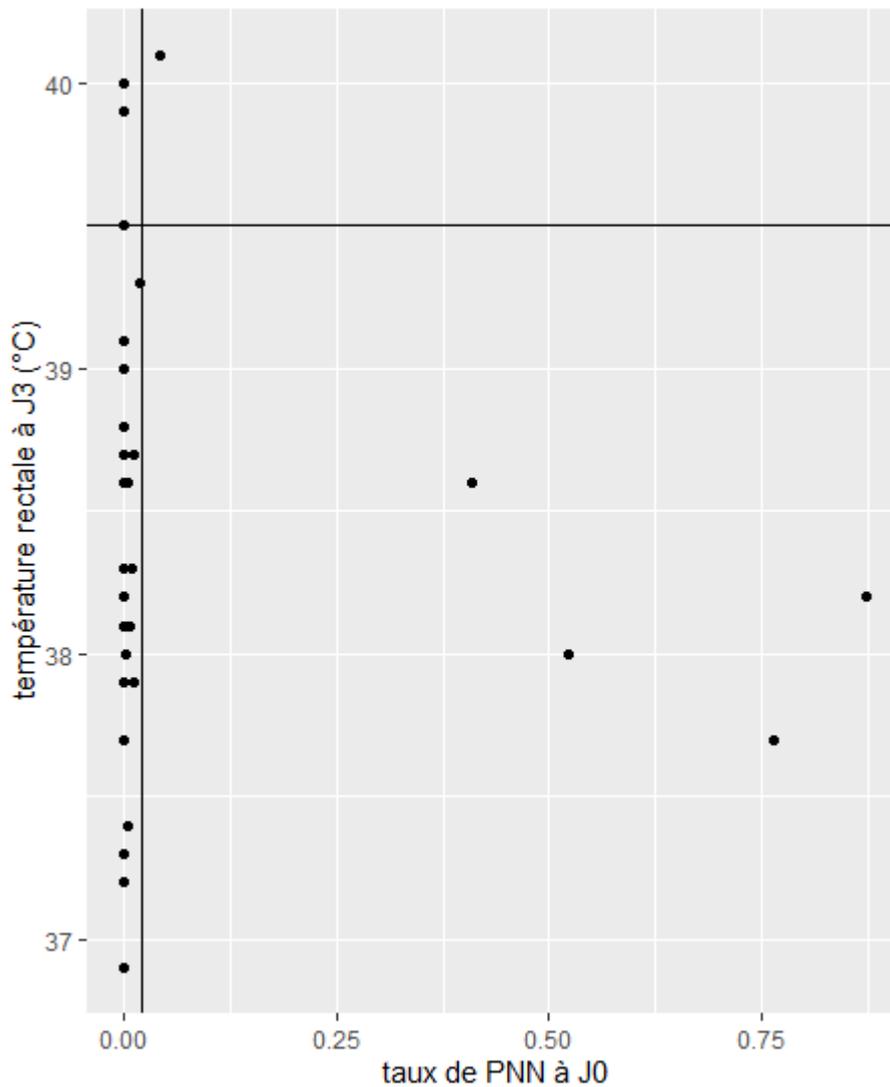


Figure 24 : Température rectale à J3 en fonction du taux de PNN à J0, la ligne horizontale continue représente le seuil fixé à 39.5°C, la ligne verticale continue représente le seuil de 2%



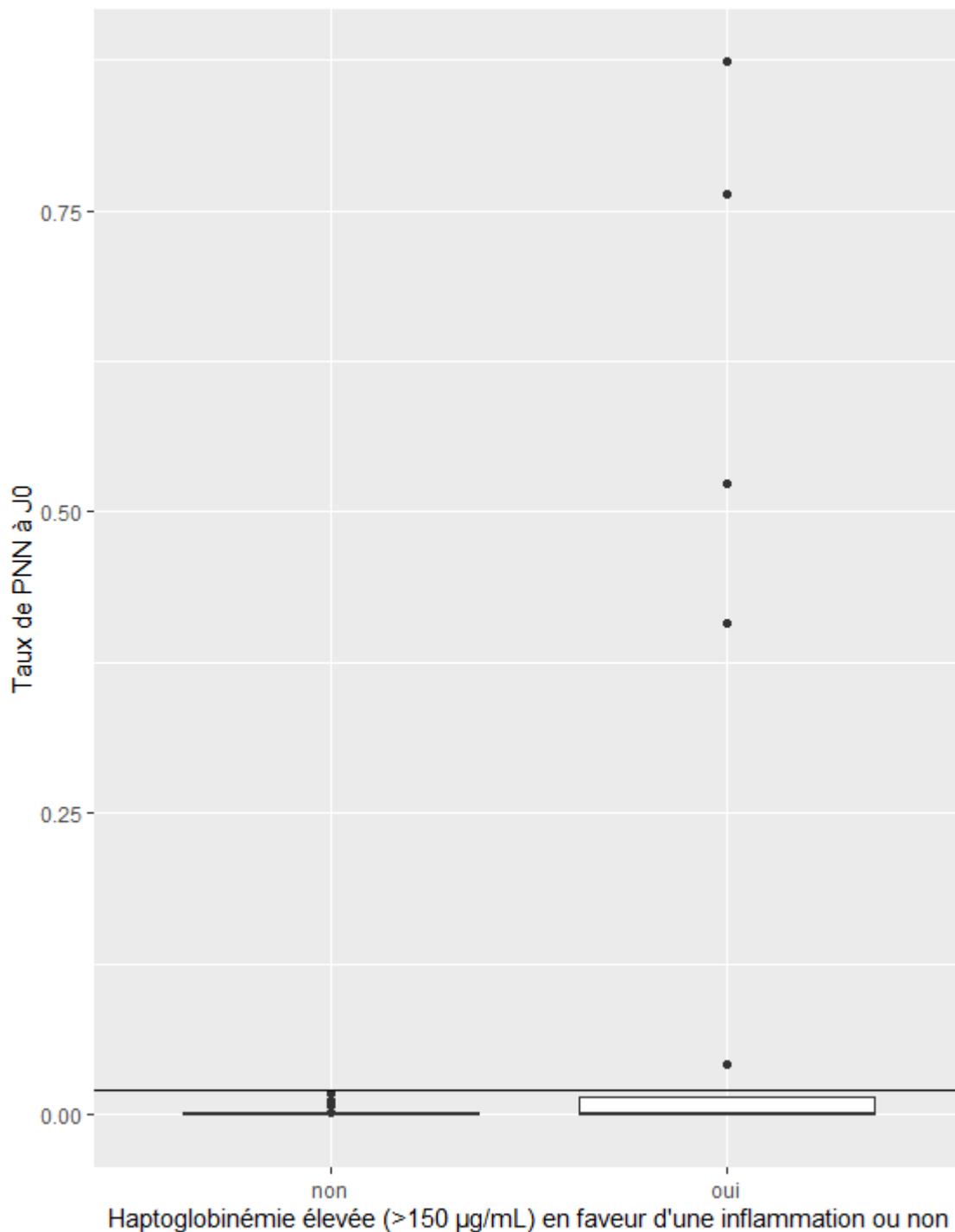


Figure 26 : Taux de PNN à J0 en fonction de si la vache a une haptoglobine supérieur au seuil de 150 µg/mL (Carré 2020) ou non à J3, la ligne horizontale continue représente le seuil de 2% (McDougall et al. 2020)

Par ailleurs, les vaches ayant une haptoglobinémie élevée à J0 tendent à avoir également une haptoglobinémie élevée à J3 (test de Wilcoxon, p-value = 0.06) et toutes les vaches ayant une haptoglobinémie élevée à J0 ont également une haptoglobinémie élevée à J3 (test de Fisher p-value = 0.11) (Figure 27). Néanmoins,

ces deux p-value sont supérieures à 0.05 et ces résultats ne sont donc pas statistiquement significatifs.

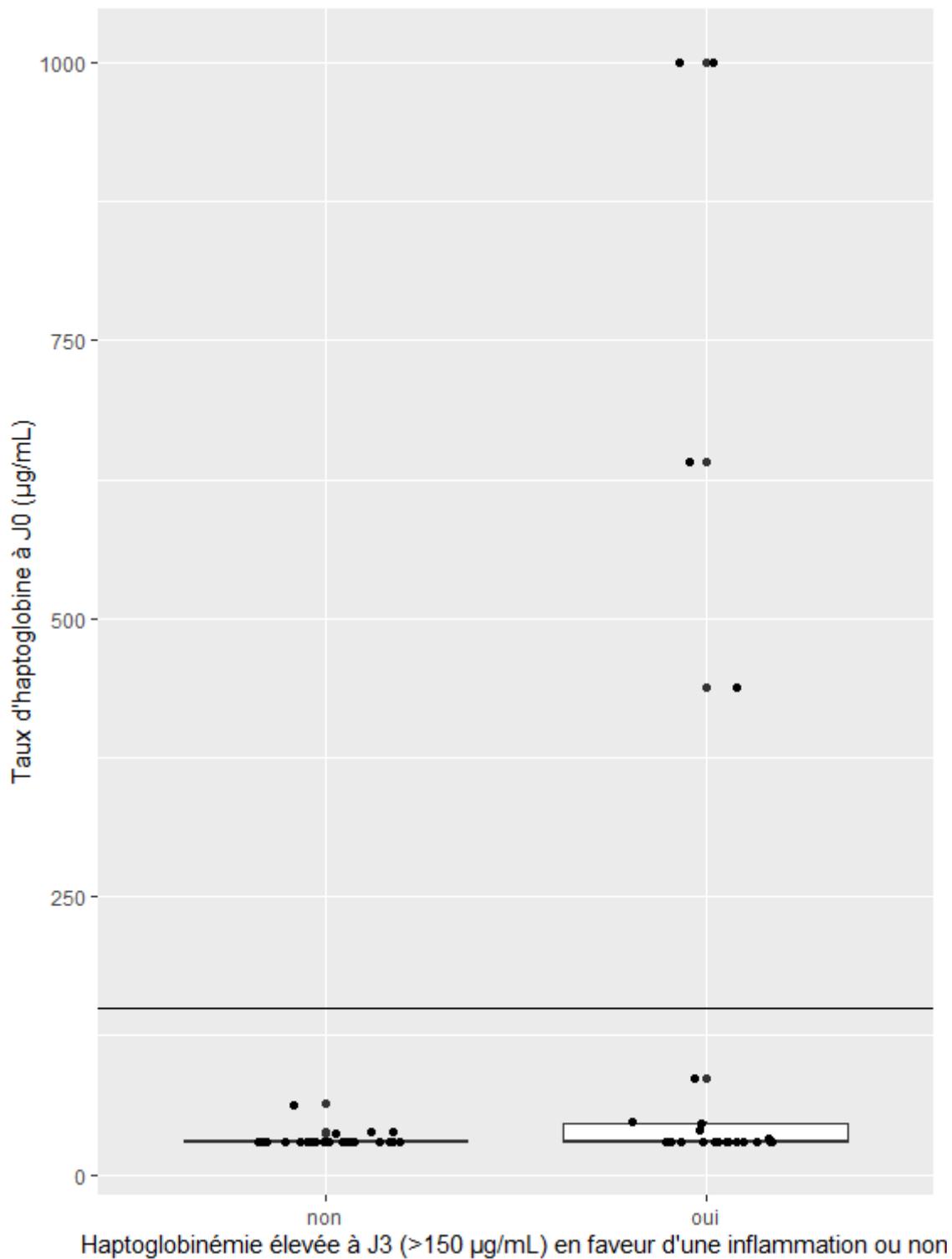


Figure 27 : Répartition des taux d'haptoglobine à J0 en fonction de si la vache à une valeur d'haptoglobine supérieure au seuil de 150 µg/mL (Carré 2020) ou non à J3, la ligne horizontale continue représente le seuil fixé à 150µg/mL

iii) Corrélation entre les mesures réalisées à J3 :

A J3, seuls le taux d'haptoglobine et la température rectale sont significativement corrélées (coefficient de corrélation de Spearman estimé à 0.48, p-value < 0.001). On peut conclure que les résultats indiquent qu'il existe une corrélation positive modérée et statistiquement significative entre la température rectale et l'haptoglobine à J3. On remarquera cependant que plusieurs vaches ont des taux d'haptoglobine très élevés sans pour autant avoir présenté d'hyperthermie (Figure 28).



seuil de 150 µg/mL, parmi celles-ci quatre présentaient aussi de l'hyperthermie (température rectale supérieure au seuil de 39.5 °C).

- Haptoglobinémie à J0

A J0 quatre des 24 vaches ayant présenté une complication présentaient déjà une haptoglobinémie supérieure à 150µg/L alors que ce n'était le cas d'aucune des 24 vaches n'ayant pas présenté de complication (Figure 29). Cette différence n'est cependant pas significative (p-value = 0.1092 du test de Fisher).

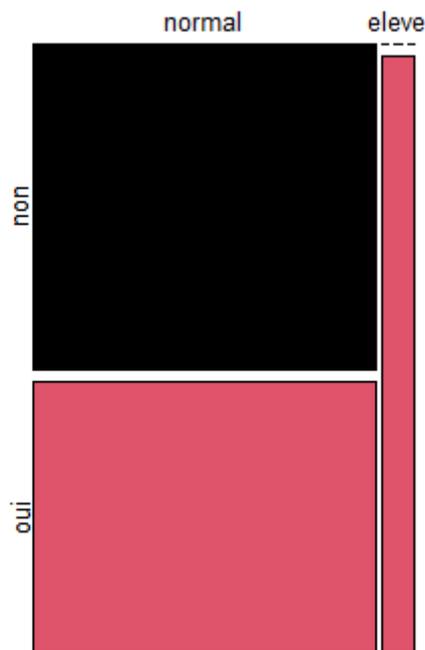


Figure 29 : Présence de complication (oui et rouge ou non en noir) en ordonnée en fonction de si le taux d'haptoglobine est supérieur ou non à J0 au seuil de 150 µg/mL en abscisse

- Proportion de PNN à J0

A J0 cinq des 20 vaches ayant présenté une complication dont la cytologie était interprétable présentaient un taux de neutrophiles vaginal supérieur à 2% alors que ce n'était le cas d'aucune des 21 vaches n'ayant pas présenté de complication (Figure 30). Cette différence est significative (p-value <0.05 du test de Fisher).

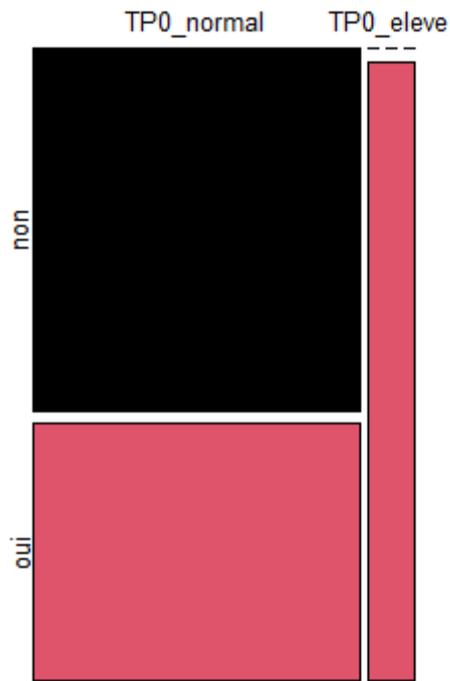


Figure 30 : Présence de complication (oui en rouge ou non en noir) en ordonnée en fonction de si le taux de PNN est supérieur ou non au seuil de 2% en abscisse

## 5. Sensibilité et spécificité de ces tests

### a. Pour prédire des complications cliniques

Si l'on s'intéresse à la sensibilité et à la spécificité de l'haptoglobine pour déterminer les complications cliniques on obtient pour l'haptoglobine le Tableau 5

Tableau 5 : table de contingence des vaches ayant présenté ou non des complications cliniques postopératoires en fonction de si le taux d'haptoglobine à J0 est supérieur ou non au seuil de 150 µg/mL

	Complication clinique postopératoire	Absence de complication clinique postopératoire
Hp à J0 > 150 µg/mL	2	2
Hp à J0 < 150 µg/mL	3	41

La sensibilité est donc d'environ 40% [7 – 83] et la spécificité d'environ 95% [83 – 99]

On fait de même pour le taux de PNN (Tableau 6)

Tableau 6 : table de contingence des vaches ayant présenté ou non des complications cliniques postopératoires en fonction de si le taux de polynucléaires à J0 est supérieur ou non au seuil de 2%

	Complication clinique postopératoire	Absence de complication clinique postopératoire
Taux de PNN à J0 > 2%	2	3
Taux de PNN à J0 < 2%	3	33

On obtient une sensibilité d'environ 40 % [7 – 83] et une spécificité d'environ 92% [76 – 98]

Avec seulement deux complications entraînant des répercussions cliniques il est complexe de pouvoir se baser sur ces résultats, sensibilité et spécificité.

#### *b. Pour prédire des complications biochimiques*

A la fois pour l'haptoglobinémie et le taux de PNN vaginal, aucune des vaches n'ayant pas présenté de complication, présentaient des valeurs anormales à J0 (24/24 soit 100% IC à 95% [82,8 ; 100] pour l'haptoglobinémie et 21/21 soit 100% IC à 95% [66.5 ; 100] pour le taux de PNN vaginal). En revanche, seules 4/24 (16% IC à 95% [5,4, 38,4]) et 5/20 (25% IC à 95% [9.5 ; 49,4]) des vaches ayant eu une complication présentaient respectivement une haptoglobinémie et/ou un taux de PNN élevé à l'admission. Ces deux paramètres présentent donc une spécificité de 100%, mais une sensibilité basse (<25%) pour détecter les éventuelles complications biochimiques suite à la stérilisation chirurgicale.

## IV. Discussion

### 1. Constitution d'un unique lot

La plupart des expérimentations visant à évaluer un nouveau protocole le font en comparant deux lots, un lot témoin, traité avec le protocole de référence classiquement utilisé et un autre traité avec le nouveau protocole.

Cependant, même si la technique chirurgicale utilisée dans cette étude, à savoir la voie d'abord vaginale avec une prise en charge analgésique adaptée, n'est pas forcément la technique de référence en médecine vétérinaire actuelle, elle a été démontrée dans la littérature scientifique celle étant associée au moins de modifications comportementales et d'inflammation en postopératoire (Lauder 2018). Ainsi, l'objectif de notre étude n'était pas de démontrer que la voie d'abord vaginale avec une prise en charge analgésique adaptée était moins à risque de complication, d'inflammation ou de modification comportementale que d'autres procédures, mais simplement de démontrer sa faisabilité et d'en évaluer les risques et complications.

Tout comme, il ne nous semble pas éthique de réaliser cette procédure sans aucune analgésie, il n'aurait pas été éthique d'inclure un lot n'ayant pas d'antalgique ou d'anti-inflammatoire sachant que ces derniers ont prouvé leur efficacité.

### 2. Etude du protocole expérimental

#### *a. Taille de l'échantillon*

La taille de l'échantillon a été calculée de façon à avoir au moins 80% de probabilité d'observer un effet indésirable si sa fréquence théorique était égale à 5%. Une étude plus longue aurait pu permettre d'inclure un nombre plus grand d'animaux et d'observer plus de complications postopératoires cliniques (seulement cinq dans cette étude) afin d'évaluer de façon plus précise leur fréquence, d'identifier de potentielles complications plus rares (survenant dans moins de 5% des cas) et nous aurait également permis de gagner en puissance pour rechercher des facteurs prédictifs de complication.

#### *b. Comparaison des taux de complication avec d'autres études*

La présence de complications a été décrite dans les études réalisées auparavant.

En effet, (du Roizel-Marlier 2004) décrivait déjà que les vaches nécessitaient environ une demi-journée pour récupérer de l'intervention et quelques jours pour revenir à leur niveau de production précédant la castration et qu'une vache était demeurée couchée durant deux jours après la chirurgie (sur 60 vaches opérées).

Concernant les modifications comportementales (Bertherlier 2007) décrivait déjà dans une étude comportant deux lots (14 vaches stérilisées et 14 constituant le lot témoin) que cinq minutes après l'opération, la quasi-totalité des animaux castrés montrait des signes tels qu'un dos voussé, la queue relevée avec des efforts intermittents, une respiration légèrement accélérée et des écoulements sérohémostatiques près de la vulve. Deux heures après l'opération, les efforts intermittents diminuaient avec une queue toujours relevée chez toutes les vaches opérées, la démarche restait altérée pour certaines vaches et le comportement alimentaire était affecté. Le lendemain, le port de queue relevé persistait, mais la démarche s'améliorait, bien que certaines vaches présentaient encore une anorexie partielle. Après deux jours, la douleur semble avoir disparu, avec seulement quelques vaches montrant encore des signes de malaise. Au bout de trois jours, tous les animaux stérilisés retrouvent des comportements et des déplacements normaux.

Avec deux complications cliniques autres que l'hyperthermie pour 48 vaches opérées, la différence de proportions de complications n'est pas statistiquement significative ( $p > 0.5$ ) entre notre étude et celle de (du Roizel-Marlier 2004).

De plus de passer de la totalité des vaches opérées ayant un port de queue relevé (Bertherlier 2007) à 11 sur 48 dans notre étude met en avant une réduction significative ( $p < 0.01$ ) de cette proportion avec le protocole analgésique et anti-inflammatoire. Il y a toutefois de grandes différences entre ces études (races des vaches opérées, chirurgien), mais étant donné qu'il s'agit à notre connaissance de la seule autre étude en France ayant adopté la même méthode chirurgicale (par voie vaginale avec les ciseaux de Krebs et la pince Duclos) s'étant penchée sur les modifications comportementales, il paraît intéressant de noter cette réduction significative du pourcentage de vache présentant un port de queue relevé avec l'apport d'un protocole analgésique et anti-inflammatoire.

### *c. Absence d'antibiothérapie préventive*

Les deux animaux ayant présenté des complications cliniques (hors hyperthermie seule) de l'opération ont vu les symptômes régresser après la mise en place d'un traitement antibiotique et de la poursuite des anti-inflammatoires initiés lors de l'intervention.

Il est donc fort probable qu'un traitement préventif aurait pu prévenir de telles complications, cependant dans le cadre de la réduction des antibiotiques il faut évaluer l'utilité de ce genre de traitement pour chaque animal. La chirurgie de stérilisation par voie vaginale pouvant être considérée comme une intervention propre et programmée à l'avance sur un animal en bonne santé, elle ne nécessite pas une antibiothérapie préventive peropératoire systématique.

En revanche, la mise en place d'un traitement antibiotique au cas par cas, doit être laissée à l'appréciation du chirurgien et doit être fortement envisagée lorsque l'intervention dure plus longtemps que prévue (plus de cinq minutes, observation personnelle) ou si une faute d'asepsie est repérée pendant l'intervention (par exemple avec une vache qui défèque en cours d'intervention).

#### *d. Suivi des animaux et mesures*

Un taux élevé de lames de cytologie vaginale non interprétables (7/48) a pu entraîner une perte d'informations sur les cytologies vaginale à J0. Les cytologies non interprétables étaient dues à une absence de cellules sur les lames, potentiellement car l'étalement des écouvillons n'a pas toujours été réalisé immédiatement après sa réalisation (le plus souvent une à deux heures après). Un étalement plus rapide aurait permis de limiter cette perte d'information. En revanche, ces données manquantes sont quasiment aussi fréquentes chez les vaches ayant présenté ou non une complication à J3 et n'a donc probablement pas biaisé les résultats de notre étude.

Pour ce qui est de choisir un marqueur de l'inflammation, il y avait le choix entre : le fibrinogène, l'haptoglobine, le taux de neutrophiles dans la formule sanguine et le rapport neutrophiles/leucocytes. Nous avons choisi l'haptoglobine, car présentant un avantage distinct par rapport aux autres variables (fibrinogène, taux de neutrophiles et rapport N/L), l'haptoglobine n'est pas influencée par l'âge, le sexe ou la présence d'autres molécules sanguines, contrairement aux trois autres marqueurs (Carré 2020).

Les mesures de taux d'haptoglobine avec les Smartstrip ont une limite de détection à 1000 µg/mL. Il n'est donc pas possible d'évaluer l'évolution du taux d'haptoglobine

pour des vaches qui présentaient déjà un taux  $>1000 \mu\text{g/mL}$  avant l'intervention. Il n'est donc pas possible de savoir si la chirurgie entraîne une modification du taux de ces animaux ou non. Il serait intéressant de réaliser des dilutions ou d'utiliser un autre test afin de s'affranchir de cette limite qui ne concerne toutefois qu'un nombre limité d'animaux.

### 3. Modifications comportementales associées à la stérilisation des bovins

#### a. *Biais présents*

On remarquera dans le Tableau 4 que l'ensemble des vaches sont debout, cela s'explique par le fait qu'elles soient toutes déjà aux cornadis quand on arrive pour l'expérimentation. Ainsi à la fois la posture des vaches est impactée, mais aussi la position des membres antérieurs et postérieurs à J0.

De même une des explications de la différence entre H3 et J3 (plus de vaches debout à H3 qu'à J3) tient dans l'heure de distribution aux cornadis. En effet, l'alimentation étant souvent distribuée le matin, une partie plus importante des vaches s'y trouve le matin à J3 que l'après-midi après l'opération à H3.

Les résultats des observations comportementales doivent donc être interprétés avec précaution, car en grande partie associés à des facteurs extrinsèques à la chirurgie. Pour limiter ces biais, il aurait mieux valu réaliser l'observation comportementale tous les jours à la même heure et, dans tous les cas, avant que les vaches ne soient bloquées aux cornadis à J0.

#### b. *Comportement de soulagement : Queues relevées*

La majorité des vaches présentant la queue relevée l'ont présentée à H3 (11/12) et une seule à J3. Il s'agit donc d'une modification significative du comportement d'une partie des vaches en postopératoire immédiat. On a ainsi environ 23% des vaches opérées qui présentent ce comportement. Ce comportement pouvant être interprété comme un comportement de soulagement et donc associé à une gêne ou une douleur postopératoire de la zone génitale. Cela malgré le fait qu'elles aient reçu une dose d'anti-inflammatoire et un protocole analgésique pendant la chirurgie.

## 4. Effets de la stérilisation sur l'inflammation et mise en relation avec les mesures effectuées

### *a. Augmentation de l'haptoglobine*

Comme visualisé dans la Figure 18 et confirmé par les tests statistiques, les taux d'haptoglobine sont significativement plus élevés à J3 qu'à J0. On remarquera que cette augmentation se fait alors que de l'acide tolfénamique a été administré aux bovins, néanmoins les effets des AINS sur la concentration d'haptoglobine chez les bovins restent inconnus, et une étude effectuée sur les moutons ne permet pas de démontrer une corrélation entre l'utilisation d'AINS et la baisse de la concentration sérique d'haptoglobine (Paull et al. 2008). Cela confirme cependant le fait que la chirurgie provoque une inflammation importante même si celle-ci n'a pas forcément de manifestation extérieure (comme la température rectale dans la Figure 28). Il y a donc une utilité manifeste à l'emploi d'un anti-inflammatoire lors de la réalisation de cette intervention.

### *b. Prévision de complications*

Au-delà du fait de respecter les contre-indications déjà mentionnées dans la bibliographie qui sont toutes basées sur l'examen clinique, il a semblé intéressant de se pencher sur d'éventuels examens complémentaires permettant de prédire de la manière la plus précise possible la survenue de complications postopératoires.

5 des 48 animaux opérés dans cette étude ont présenté une complication clinique, deux remarqués par l'éleveur (rétropéritonite et hyperthermie au deuxième jour postopératoire) et trois ayant présenté une hyperthermie  $>39,5^{\circ}\text{C}$  lors de l'examen clinique à J3.

La vache ayant fait une rétropéritonite avait, avant l'intervention, un taux d'haptoglobine inférieur à  $30\ \mu\text{g/mL}$  et un taux de polynucléaire de 0%. Une explication de cette complication serait alors un germe apporté durant la chirurgie du fait des conditions (Moissonier 1995).

L'autre vache ayant présenté de l'hyperthermie au deuxième jour postopératoire avait quant à elle un taux d'haptoglobine supérieur à  $1000\ \mu\text{g/mL}$  et un taux de polynucléaire de 41%. Il est donc probable qu'une endométrite subclinique ou toute autre infection

de la sphère génitale sans répercussion sur l'état général ou manifestation clinique ait été présente au moment de l'opération.

Même si le nombre de complications cliniques est faible, l'haptoglobinémie et le taux de PNN sont deux marqueurs spécifiques (plus de 90%), mais assez peu sensibles (autour de 40%) de la survenue d'une complication dans les trois jours qui suivent l'intervention.

Etant donné que l'examen clinique manque également de sensibilité pour détecter la présence d'une inflammation ou de complications sans répercussion sur l'état général de l'animal, nous avons choisi d'inclure dans les complications tout ce qui avait pu ne pas être vu par les éleveurs, un taux d'haptoglobine anormalement élevé (supérieur à 150 µg/mL) ou une augmentation du taux d'haptoglobine de plus de 100 µg/mL.

Avec cette définition plus large des complications, nous avons montré que les vaches ayant un taux de PNN vaginal > à 2% avant l'intervention présentaient significativement plus de complication dans les trois jours postopératoires que les vaches ayant un taux de PNN vaginal <2%. La même tendance a été observée pour la présence ou non d'une haptoglobinémie élevée à J0, mais cette différence n'était pas statistiquement significative. Il semblerait donc intéressant de poursuivre cette étude sur un nombre plus grand de bovins afin de savoir si l'effet observé est réel ou s'il s'agit simplement d'une coïncidence.

Dans tous les cas, la présence d'un taux de PNN vaginal > à 2% ou d'une haptoglobinémie > à 150 µg/mL avant l'intervention sont des marqueurs très spécifiques (plus de 90%), mais peu sensibles (environ 40%) pour détecter une éventuelle complication.

Il ne s'agit pas de tests permettant de dépister l'ensemble des animaux susceptibles de faire des complications (sensibilité basse), mais dès lors que ces tests sont positifs, il y a de très grands risques que l'animal présente des complications (spécificité autour de 90% pour les complications cliniques et 100% en élargissant les critères).

# CONCLUSION

La stérilisation chirurgicale des vaches se pratique en France afin d'allonger la dernière lactation de la vache et pour diminuer les accidents de chevauchement au moment des chaleurs (certains le font pour la qualité de la viande, mais sans preuve scientifique).

Étant donné qu'il s'agit d'une chirurgie de convenance à visée zootechnique, il est essentiel de réduire au maximum l'impact sur l'animal en utilisant une technique chirurgicale qui cause le moins de douleur possible et en limitant les complications postopératoires.

La technique chirurgicale utilisée dans notre expérimentation est celle par voie vaginale ayant été démontrée comme étant la moins douloureuse des techniques (notamment par rapport à la laparotomie par le flanc). Nous avons également mis en place un protocole analgésique par voie intramusculaire avec du butorphanol à une dose de 0.01 mg/kg, de la xylazine à une dose de 0.02 mg/kg et de la kétamine à une dose de 0.04 mg/kg ainsi qu'un anti-inflammatoire (acide tolfénamique), lui aussi par voie intramusculaire, à une dose de 2 mg/kg. De plus la chirurgie étant prévue à l'avance et propre, aucune antibioprophylaxie per ou post opératoire n'a été réalisée.

Parmi les 48 vaches opérées et suivies, nous avons pu décrire cinq cas de complications cliniques comprenant quatre hyperthermies sans autres symptômes et un abcès rétro-péritonéal. En élargissant les complications aux modifications biochimiques (sans modification de l'examen clinique) dépassant les seuils établis comme physiologiques, 24 vaches ont des valeurs d'haptoglobine supérieures à 150 µg/mL à J3.

L'analyse de l'éthogramme nous a également permis de mettre en évidence des différences significatives de comportement entre les différents moments d'observation. Certaines modifications comportementales comme la position de la queue plus souvent levée trois heures après la chirurgie sont des positions de soulagement et mettent en évidence une douleur et/ou une gêne au niveau de la vulve ou du vagin

chez certaines vaches opérées et ce malgré le protocole analgésique et anti-inflammatoire mis en place.

Deux facteurs préopératoires prédictifs d'une complication postopératoire ont été suivis dans cette étude. Il s'agit du taux d'haptoglobine et de la présence d'une neutrophilie supérieure à 2% à la cytologie vaginale et ils présentent une spécificité élevée (supérieure à 92%). En raison du risque plus important de complication postopératoire en cas de positivité d'un de ces tests, il semblerait préférable de reporter l'intervention chirurgicale ou d'ajouter une couverture antibiotique.

En raison du nombre relativement important de complications postopératoires d'origine infectieuse et/ou inflammatoire, l'absence d'antibioprophylaxie doit être questionnée et réservée à des chirurgiens expérimentés et rapides. L'antibiothérapie doit être instaurée de façon impérative dans le cas d'un défaut de stérilité peropératoire ou lors d'une intervention de plus longue durée.

Au vu des résultats de cette étude, il paraît indispensable de prendre en charge l'inflammation et la douleur associées à l'intervention de stérilisation à visée principalement zootechnique. Il serait intéressant d'évaluer dans de prochaines études, l'intérêt de doses et/ou molécules analgésiques et anti-inflammatoires différentes pour limiter encore plus l'inflammation et les modifications comportementales associées à cette intervention.

En assurant la prise en charge adéquate de l'inflammation et la douleur de l'opération et en limitant sa réalisation à des bovins sans facteurs de risques de complication postopératoire, la stérilisation de la vache laitière reste une intervention potentiellement bénéfique pour la vache qui voit ses risques d'accident de chevauchement diminuer drastiquement et favorise la tranquillité du troupeau. La recherche d'indicateurs plus sensibles pour prédire la survenue de complication et d'un protocole analgésique et anti-inflammatoire plus performant pourrait encore améliorer la balance-bénéfice risque de cette intervention.

# BIBLIOGRAPHIE

- Auvray, Emilie. 2016. « A l'essai, la castration autrement avec le stérilet pour vaches ». *EleveurLaitier*, 14 novembre 2016. <https://www.eleveur-laitier.fr/actualites/article/825598/a-l-essai-la-castration-autrement-avec-le-sterilet-pour-vaches>.
- Barone, Robert. 2001. *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. Vigot. Vol. 4.
- Bernard, Bouley, Girard, Grogner, Moiroud, Rainnard, Renault, Vatel, et Yvart. 1834. « Recueil de médecine vétérinaire -1834 ». *Gallica*, n° XI: p 65-75.
- Bernard, Bouley, Girard, Rainnard, Renault, et Vatel. 1838. « Recueil de médecine vétérinaire - 1838 ». *Gallica*, n° XV: p 357-374, 421-437.
- Bertherlier, Nicolas. 2007. « Intérêts de l'ovariectomie pour l'engraissement de vaches de race charolaise ». Lyon: ENVL.
- Cabaraux, J. F., I. Dufrasne, M. Roux, L. Istasse, et J. L. Hornick. 2005. « La production de viande bovine à partir de femelles de réforme ». *Productions Animales* 18 (1): 37.
- Carré, Hélène. 2020. « Estimation des paramètres diagnostiques de tests évaluant un état inflammatoire chez les bovins adultes au chevet du malade et au cabinet vétérinaire ». Lyon: Vetagro Sup. [https://www2.vetagro-sup.fr/bib/fondoc/th\\_sout/dl.php?file=2020lyon077.pdf](https://www2.vetagro-sup.fr/bib/fondoc/th_sout/dl.php?file=2020lyon077.pdf).
- Chappat, P. 1993. « La castration de la vache » Bull GTV: 53-63.
- Chastant, Sylvie. 1995. « Indications thérapeutiques de l'ovariectomie chez la vache, In Polycopié de l'ENVA, EPU de chirurgie bovine. »
- Colin, Prange, Charlier, et Bouley. 1858. « Recueil de médecine vétérinaire 1858 ». *Gallica*, septembre, p 967-976, 1190-1191.
- Colloton, Jill. 2014. « Reproductive Ultrasound of Female Cattle ». In *Bovine Reproduction*, 326-46. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118833971.ch36>.
- Council Regulation (EC) No 1/2005 of 22 December 2004 on the Protection of Animals during Transport and Related Operations and Amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97. 2004. OJ L. Vol. 003. <http://data.europa.eu/eli/reg/2005/1/oj/eng>.
- Crevier, N. 1995. « Anatomie topographique de l'appareil génital de la vache appliquée à l'ovariectomie, In Polycopié de l'ENVA, EPU de chirurgie bovine. Maisons-Alfort ».
- Delage, J, A M Leroy, et J Poly. 1953. « Une étude sur les courbes de lactation ». In *Annales de zootechnie*, 225-67. 2. <https://hal.science/hal-00886594/document>.
- Delbecchi, L., N. Miller, C. Prud'homme, D. Petitclerc, G. F. Wagner, et P. Lacasse. 2005. « 17β-Estradiol Reduces Milk Synthesis and Increases Stanniocalcin Gene Expression in the Mammary Gland of Lactating Cows ». *Livestock Production Science, Seventh International Workshop in the Biology of Lactation in Farm Animals*, 98 (1): 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.10.010>.
- Duclos, Pierre, et Sylvie Chastant. 2001. « La castration de la vache par la méthode de Chappat ». *Point Veterinaire* 32 (janvier): 25-27.
- Ginger, L., D. Ledoux, M. Bouchon, I. Rautenbach, C. Bagnard, T. Lurier, G. Foucras, P. Germon, D. Durand, et A. de Boyer des Roches. 2023. « Using Behavioral Observations in Freestalls and at Milking to Improve Pain Detection in Dairy Cows after Lipopolysaccharide-Induced Clinical Mastitis ». *Journal of Dairy Science* 106 (8): 5606-25. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22533>.
- Gobet, Manuelle. 2008. « Historique de l'ovariectomie de la vache : techniques chirurgicales et indications. » Maison-Alfort: ENVA. <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=901>.
- Gourdon, J. 1860. *Traité de la castration des animaux domestiques*. P. Asselin.

- Hellyer, Peter, Ilona Rodan, Jane Brunt, Robin Downing, James E. Hagedorn, et Sheilah Ann Robertson. 2007. « AAHA/AAFP pain management guidelines for dogs and cats ». *Journal of Feline Medicine and Surgery* 9 (6): 466-80. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.09.001>.
- Hopper, RM. 2014. « The Cow ». In *Bovine Reproduction*, 187-89. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118833971.part4>.
- International Association for the Study of Pain. 2023. « PAIN ». *International Association for the Study of Pain (IASP)* (blog). 2023. <https://www.iasp-pain.org/publications/pain/>.
- International Veterinary Academy of Pain Management. 2021. « Pain Scale for Bovines ». <https://ivapm.org/professionals/pain-scale-bovines/>.
- Killian, Gary, Nancy K. Diehl, Lowell A. Miller, Jack Rhyon, et David Thain. 2006. « Long-Term Efficacy of Three Contraceptive Approaches for Population Control of Wild Horses ». *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 22 (22). <https://doi.org/10.5070/V422110246>.
- Kirbas, Akin, Yunusemre Ozkanlar, Mustafa Aktaş, Nergis Ulaş, et Hüseyin Erol. 2015. « Acute Phase Biomarkers for Inflammatory Response in Dairy Cows with Traumatic Reticuloperitonitis ». *Israel Journal of Veterinary Medicine*, juin.
- Lauder, Jean Kathleen. 2018. « Measuring response to pain mitigation for ovariectomy in bos taurus yearling beef heifers ». Saskatoon: Saskatchewan.
- Leder, R. R., V. M. Lane, et D. P. Barrett. 1988. « Ovariectomy as Treatment for Granulosa Cell Tumor in a Heifer ». *Journal of the American Veterinary Medical Association* 192 (9): 1299-1300.
- Ledoux, Dorothée, Isabelle Veissier, Bruno Meunier, Valérie Gelin, Christophe Richard, Hélène Kiefer, Hélène Jammes, Gilles Foucras, et Alice de Boyer des Roches. 2023. « Combining Accelerometers and Direct Visual Observations to Detect Sickness and Pain in Cows of Different Ages Submitted to Systemic Inflammation ». *Scientific Reports* 13 (1): 1977. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27884-x>.
- Levionnois, Olivier. 2008. « Thérapeutique anti-douleur chez les bovins – Données pratiques ». *Le Bulletin des GTV*, janvier, p 45-52.
- Levrat. 1854. « Recueil de médecine vétérinaire-1854 ». *Gallica*, juin, p 5-21, 283-293, 441-463.
- McDougall, S., D. Aberdein, A. Bates, et C. R. Burke. 2020. « Prevalence of Endometritis Diagnosed by Vaginal Discharge Scoring or Uterine Cytology in Dairy Cows and Herds ». *Journal of Dairy Science* 103 (7): 6511-21. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18048>.
- Millman, Suzanne T. 2013. « Behavioral Responses of Cattle to Pain and Implications for Diagnosis, Management, and Animal Welfare ». *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, Pain Management, 29 (1): 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.11.007>.
- Mofid, Hamid, Alice Emmermann, Margret Alm, Hans-Albrecht von Waldenfels, Conrad Felixmüller, et Carsten Zornig. 2013. « Is the Transvaginal Route Appropriate for Intra-Abdominal NOTES Procedures? Experience and Follow-up of 222 Cases ». *Surgical Endoscopy* 27 (8): 2807-12. <https://doi.org/10.1007/s00464-013-2812-z>.
- Moissonier, Pierre. 1995. « L'ovariectomie de la vache. In polycopié de l'ENVA, EPU de chirurgie bovine. Maisons-Alfort ».
- Moula, Jérôme. 2000. « Contribution à l'étude de l'ovariectomie de la vache : revue bibliographique, description d'une technique utilisant des élastiques, contrôles biochimiques et histologiques, enquête en région Rhône-Alpes ». Lyon: ENVL.
- Niehaus, Andrew. 2022. « Case 20.2 - Dystocia With Cesarean Section ». In *Comparative Veterinary Anatomy*, édité par James A. Orsini, Nora S. Grenager, et Alexander de Lahunta, 1112-26. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91015-6.00102-3>.
- Paull, Dr, C Lee, Sj Atkinson, et Ad Fisher. 2008. « Effects of Meloxicam or Tolfenamic Acid Administration on the Pain and Stress Responses of Merino Lambs to Mulesing ». *Australian Veterinary Journal* 86 (8): 303-11. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2008.00325.x>.
- Petherick, J. C., K. McCosker, D. G. Mayer, P. Letchford, et M. McGowan. 2013. « Evaluation of the Impacts of Spaying by Either the Dropped Ovary Technique or Ovariectomy via Flank Laparotomy on the Welfare of Bos Indicus Beef Heifers and Cows ». *Journal of Animal Science* 91 (1): 382-94. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5164>.

- Prangé, L. 1850. *De La Castration Des Femelles Mammifères En Général, et de La Stérilisation de La Vache En Particulier / Par M. L. Prangé,...* <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9612700k>.
- Prince, Lavocat, Lafosse, Larroque, Baillet, Gourdon, Serres, Herard, Cruzel, et Miquel. 1850. « Journal Des Vétérinaires Du Midi : Recueil Consacré à La Chirurgie, à La Médecine Vétérinaire et à Tout Ce Qui s’y Rattache -1850 ». *Gallica*. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9763150b>.
- Quentin, X. 2003. « Castration de la vache : méthode « écrou-élastique » ». In . Nantes.
- R FOUNDATION. 2020. « R: The R Project for Statistical Computing ». 10 octobre 2020. <https://www.r-project.org/>.
- « RCP Procamidor ». 2013. 10 octobre 2013. <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=PROCAMIDOR+SOLUTION+INJECTABLE>.
- Resplendino, Lisa. 2020. « La contraception mécanique intra-utérine : applications, intérêts et limites chez la vache, la jument et la chienne ». Other, Toulouse: ENVT. <https://oatao.univ-toulouse.fr/26685/>.
- Roizel-Marlier, Thibaut du. 2004. « Effets de l’ovariectomie sur la production laitière des vaches de races Montbéliarde et Prim’Holstein. Etude cas-témoins. » Lyon: ENVL. <https://bibliotheque.vet-alfort.fr/Record.htm?idlist=1&record=19115096124919332789>.
- Roussel, C, F Vial, G Heymans, et R Ruillère. 1981. « Des moisissures à la pénicilline », *Histoire des Sciences Médicales*, 15.
- Stilwell, George, et João Simões. 2021. « Problems and Complications Occurring in Mid and Late Pregnancy ». In *Calving Management and Newborn Calf Care: An Interactive Textbook for Cattle Medicine and Obstetrics*, édité par João Simões et George Stilwell, 25-49. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68168-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68168-5_2).
- Tekin, Arzu Bilge, Murat Yassa, Cihan Kaya, Dogus Budak, Pinar Birol Ilter, Memis Ali Mutlu, Canberk Usta, Osman Samet Gunkaya, Emre Yavuz, et Niyazi Tug. 2022. « Implementing the Transvaginal Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery (VNOTES) “First” Strategy in Benign Gynecological Surgeries ». *Archives of Gynecology and Obstetrics*, novembre. <https://doi.org/10.1007/s00404-022-06859-9>.
- Turin, E. M., C. A. Nagle, M. Lahoz, M. Torres, M. Turin, A. F. Mendizabal, et M. B. Escofet. 1997. « Effects of a Copper-Bearing Intrauterine Device on the Ovarian Function, Body Weight Gain and Pregnancy Rate of Nulliparous Heifers ». *Theriogenology* 47 (7): 1327-36. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(97\)00125-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00125-8).
- Vasey, J. R., et R. A. Curtis. 1981. « Malignant Theca-Granulosa Cell Tumor in a Heifer ». *Veterinary Medicine, Small Animal Clinician* 76 (5): 707-8.
- VERA, JHS. 2013. « Ganho de peso e acabamento de carcaça em vacas da raça nelore implantadas com dispositivo intra-uterino bovino (DIUB) », *Revista Ciências Agrárias e da Saúde*, n° Volume 9: 5.
- Weary, Daniel M., Lee Niel, Frances C. Flower, et David Fraser. 2006. « Identifying and Preventing Pain in Animals ». *Applied Animal Behaviour Science, Sentience in Animals*, 100 (1): 64-76. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.04.013>.
- Wickham, Hadley. 2016. « Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics ». 2016. <https://ggplot2.tidyverse.org/>.
- Yamauchi, M., T. Nakahara, Y. Kaneda, et S. Inui. 1967. « EFFECTS OF UTERINE DISTENSION ON THE OESTROUS CYCLE OF THE COW ». *Reproduction* 13 (3): 379-86. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0130379>.
- Yart, L., F. Dessauge, L. Finot, S. Barbey, P. G. Marnet, et V. Lollivier. 2012. « Ovariectomy Improves Lactation Persistency in Dairy Cows ». *Journal of Dairy Science* 95 (7): 3794-3802. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5195>.





## *Annexe 2 : Fiche d'information du projet d'évaluation d'un protocole de stérilisation chirurgicale de vache laitière à destination des éleveurs*

*Dans la cadre de ma thèse et en partenariat avec vos vétérinaires nous allons réaliser une expérimentation portant sur un protocole de stérilisation chirurgicale chez la vache laitière.*

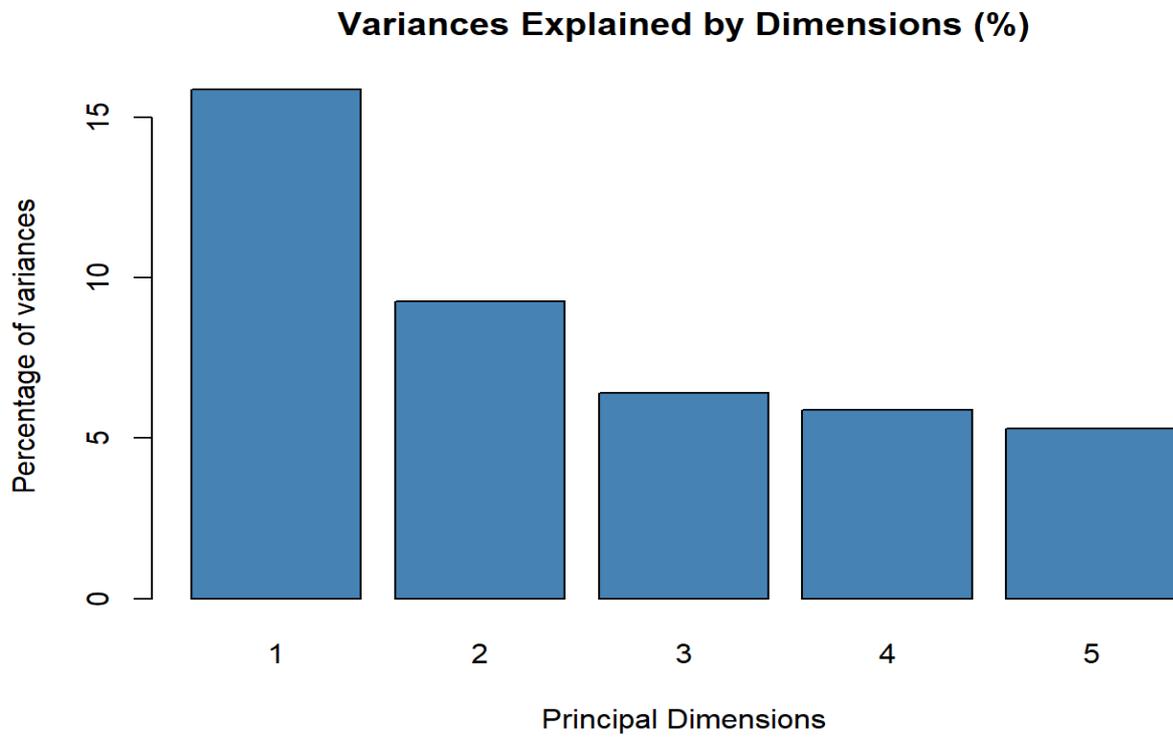
Un projet visant à étudier l'impact sur le bien-être des vaches stérilisées va être mené, afin de s'assurer que cette opération est compatible avec les impératifs de prise en charge de la douleur inhérente à toute opération.

Ce projet va s'appuyer sur une observation et un examen clinique des animaux pendant l'opération, trois heures après et trois jours après afin de pouvoir suivre l'évolution du comportement des vaches suite à l'opération ainsi que de détecter d'éventuelles complications. Des prélèvements sanguins seront également effectués pour avoir des données chiffrées de paramètres d'inflammation. C'est pourquoi il sera nécessaire que je puisse avoir accès aux vaches opérées trois heures après l'opérations et trois jours après afin de réaliser toutes les observations, tous les examens clinique et prélèvements nécessaires au bon suivi du protocole décidé en amont.

Ces informations seront conservées dans les meilleures conditions de sécurité et de confidentialité pendant toute la durée du projet de recherche, à savoir un an. À l'issue de cette durée, les données collectées ont vocation à être archivées, conformément au code du patrimoine. Vous pouvez à tout moment décider de vous retirer du projet et demander à effacer vos données personnelles en contactant la personne responsable du projet (Thibaut LURIER).

Contact : Thibaut LURIER, **adresse** : Service pathologie du bétail, 1 avenue Bourgelat, 69280 Marcy l'étoile

*Annexe 3 : Graphiques de l'analyse multivariée*



*Figure 4.1 Histogramme des pourcentages de variances expliquée par chaque dimension.*

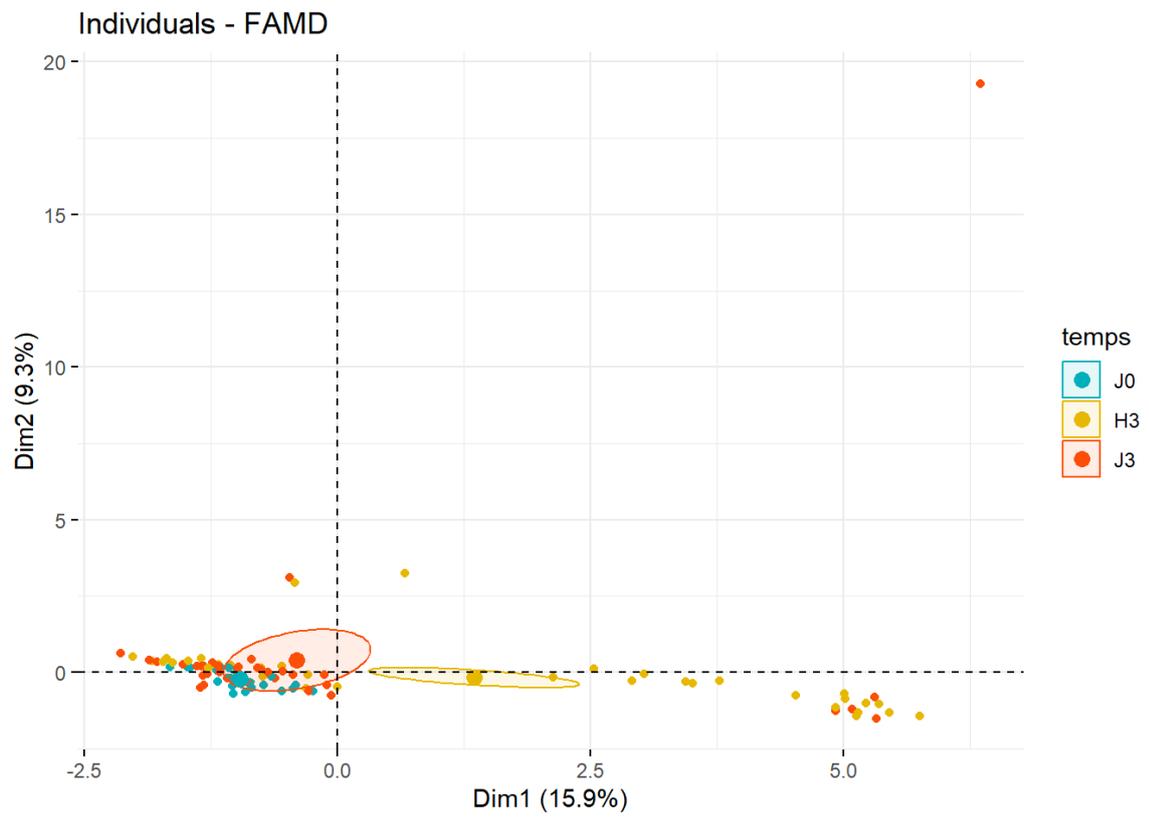


Figure 4. 2 Graphique des individus projeté sur la dimension 1 et 2

# EVOLUTION DES METHODES DE STERILISATION CHIRURGICALE CHEZ LA VACHE LAITIERE, TECHNIQUES ET MOYENS POUR CONCILIER IMPERATIFS DE BIEN-ÊTRE ET MINORATION DES RISQUES PER ET POST-OPERATOIRES

---

Auteur

---

BOISDON Antoine

## Résumé

---

En France, la stérilisation chirurgicale des vaches est réalisée pour des raisons médicales (affection des ovaires) ou pour des raisons zootechniques. Parmi ces dernières seules, l'allongement de la durée de la lactation et la prévention des accidents lors de chevauchement liés aux chaleurs des bovins semblent justifiés dans la littérature scientifique. Parmi les protocoles utilisables, la voie d'abord vaginale associée à une analgésie et un traitement anti-inflammatoire est reconnue comme la moins douloureuse et est préconisée d'après des études réalisées en Amérique du Nord. L'étude réalisée avait pour objectif d'évaluer la faisabilité de ces recommandations en France et de décrire les modifications comportementales et biochimiques associées chez les animaux stérilisés. À partir des observations réalisées sur 48 vaches, nous avons pu montrer que, 11 vaches sur 48 (23%) présentaient des comportements de soulagement (queue levée) trois heures après l'intervention et que 24/48 (50%) présentaient une inflammation systémique (haptoglobémie supérieure à 150 µg/mL) trois jours après l'opération. La proportion d'animaux présentant une queue levée était cependant moins élevée que dans les études ne comprenant pas d'analgésie. L'étude a également permis d'identifier deux indicateurs préopératoires prédictifs de la survenue d'une complication : le taux d'haptoglobine et la neutrophilie vaginale. Malgré une sensibilité assez basse (environ 25 à 40%), ces paramètres ont une spécificité élevée (plus de 90%) ce qui en fait des marqueurs avec une valeur prédictive positive élevée permettant d'identifier les animaux les plus à risque de présenter des complications postopératoires. Ainsi en maîtrisant l'inflammation et la douleur, et en restreignant l'intervention aux vaches à faible risque, la stérilisation reste potentiellement bénéfique pour la vache qui voit ses risques d'accident de chevauchement diminuer drastiquement et favorise la tranquillité du troupeau.

## Mots-clés

---

Castration, ovariectomie, bovins, analgésie, zootechnie

## Jury

---

Président du jury : Pr **Cochat Pierre**

Directeur de thèse : Dr **Lurier Thibaut**

2ème assesseur : Dr **Bruyère Pierre**