

**CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2023 - Thèse n° 121

**EVALUATION DE L'INTERET DE L'ECHOGRAPHIE  
THORACIQUE POUR LA MISE EN PLACE D'UN  
TRAITEMENT CIBLE SELECTIF DES VEAUX LORS  
D'UNE EPIDEMIE DE BRONCHO-PNEUMONIES EN  
ELEVAGE BOVIN**

**THESE**

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

Et soutenue publiquement le 24 novembre 2023  
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

ANGONIN Eloïse



**CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2023 - Thèse n° 121

**EVALUATION DE L'INTERET DE L'ECHOGRAPHIE  
THORACIQUE POUR LA MISE EN PLACE D'UN  
TRAITEMENT CIBLE SELECTIF DES VEAUX LORS  
D'UNE EPIDEMIE DE BRONCHO-PNEUMONIES EN  
ELEVAGE BOVIN**

**THESE**

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

Et soutenue publiquement le 24 novembre 2023  
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

ANGONIN Eloïse



## 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	Guillaume	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	Dorothee	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	Dorothee	Chargé d'enseignement contractuel
Pr ZENNER	Lionel	Professeur

## **Remerciements au jury**

**A Monsieur le professeur Stéphane THOBOIS,**

De l'université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de Médecine de Lyon

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury,

Hommages respectueux.

**A Monsieur le docteur Thibaut LURIER,**

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter d'encadrer cette thèse,

Pour votre aide, vos précieux conseils, votre soutien et votre réactivité tout au long de ce projet,

Mes sincères remerciements.

**A Madame la professeure Dominique LEGRAND,**

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Pour avoir accepté de participer au jury de cette thèse,

Mes sincères remerciements.





# Table des matières

LISTE DES ANNEXES.....	9
LISTE DES FIGURES.....	11
LISTE DES TABLEAUX.....	13
LISTE DES ABREVIATIONS.....	15
<b>Introduction.....</b>	<b>17</b>
<b>Partie 1 : Les bronchopneumonies des veaux et leur diagnostic.....</b>	<b>19</b>
I. Principe général de diagnostic des lésions de bronchopneumonies chez les veaux .....	20
1. Diagnostic à l'aide de l'examen clinique et de l'auscultation .....	20
A) Examen clinique fait par le vétérinaire.....	20
a. Examen clinique et valeurs usuelles.....	20
b. Auscultation pulmonaire et bruits respiratoires.....	21
Modification des bruits normaux.....	23
Les bruits surajoutés.....	23
B) Performance de l'examen clinique et Les différentes grilles de notation de l'examen clinique disponibles et utilisables par l'éleveur.....	24
2. Diagnostic à l'aide de l'échographie .....	29
A) Procédure pour la réalisation des échographies thoraciques en élevage.....	29
a. Le nécessaire à la réalisation des échographies pulmonaires des veaux en élevage.....	29
b. Repères anatomiques.....	31
c. La réalisation de l'échographie thoracique .....	32
d. Les images physiologiques observables lors de l'échographie pulmonaire .....	33
B) Lésions observables à l'échographie pulmonaire .....	34
a. Les lignes B .....	34
b. La consolidation.....	35
c. Les broncho-aérogrammes .....	36
d. Les épanchements pleuraux.....	36
e. La fibrine en suspension.....	37
f. Les abcès pulmonaires .....	38
C) Les performances échographiques .....	38
a. Pertinence clinique de l'échographie .....	38
b. Les intérêts économiques de l'échographie .....	39
c. Grille.....	39
3. Diagnostic à l'aide de la radiographie .....	41
II. Les lésions pulmonaires des veaux : étiologie, épidémiologie et conséquences .....	42
1. Les lésions associées à des anomalies congénitales.....	42
A) La mélanose maculeuse.....	42
a. Description, étiologie et pathogénie.....	42
b. Les lésions et l'échographie pulmonaire.....	43
B) L'atélectasie.....	43
a. Description et prévalence .....	43
b. Etiologie et pathogénie .....	43
c. Conséquences.....	44
d. Les lésions et l'échographie pulmonaire.....	44
2. Les emphysèmes .....	44
a. Description .....	44
b. Etiologie et pathogénie .....	45
c. Conséquences.....	46
d. Les lésions et l'échographie pulmonaire.....	46
3. Les hémorragies .....	46
a. Description .....	46
b. Etiologie et pathogénie .....	47
c. Diagnostic et conséquences .....	47
d. Les lésions et l'échographie pulmonaire.....	48
4. Les pneumonies.....	48
C) Les bronchopneumonies (suppurées et fibrineuses).....	48

a.	Description .....	48
b.	Epidémiologie, prévalence et facteurs de risque.....	50
c.	Etiologie et pathogénie .....	50
d.	Conséquences.....	55
e.	Les lésions et l'échographie pulmonaire.....	55
5.	Les pneumonies interstitielles.....	56
a.	Description .....	56
b.	Epidémiologie, prévalence et facteurs de risque.....	57
c.	Etiologie et pathogénie .....	57
d.	Conséquences.....	58
e.	Les lésions et l'échographie pulmonaire.....	58
6.	Les pneumonies emboliques.....	59
a.	Description .....	59
b.	Etiologie et pathogénie .....	59
c.	Conséquences.....	61
d.	Les lésions et l'échographie pulmonaire.....	62
7.	Les lésions des plèvres .....	62
D)	Le pneumothorax .....	62
a.	Description .....	62
b.	Epidémiologie, prévalence et facteurs de risque.....	63
c.	Etiologie et pathogénie .....	63
d.	Conséquences.....	63
e.	Les lésions et l'échographie pulmonaire.....	63
E)	Les pleurésies .....	64
a.	Description .....	64
b.	Epidémiologie, prévalence et facteurs de risque.....	64
c.	Etiologie et pathogénie .....	65
d.	Conséquences.....	65
e.	Les lésions et l'échographie pulmonaire.....	65
<b>Partie 2 :</b>	.....	<b>67</b>
<b>Réalisation d'échographies pulmonaires</b>	.....	<b>67</b>
I.	Matériels et méthodes.....	68
1.	Matériels.....	68
2.	Méthodes : visite, analyse et traitement mis en place.....	68
II.	Résultats.....	73
1.	population d'étude .....	73
2.	Réalisation de l'échographie .....	74
3.	Les résultats du jour initial de l'étude (j0).....	74
a.	Les signes cliniques.....	74
b.	Le score de Wisconsin .....	79
c.	L'échographie pulmonaire .....	81
d.	Lien entre échographie et signes cliniques .....	83
4.	Evolution des résultats sept jours après (j7).....	88
a.	Evolution clinique des veaux entre j0 et j7 .....	88
b.	Evolution des lésions entre j0 et j7 .....	90
5.	Evolution clinique et lésionnelle des veaux avec lésions échographiques mais sans signes cliniques .....	91
III.	Discussion.....	96
1.	Population bovine et mise en place de l'étude.....	96
a.	Caractéristiques de la population .....	96
b.	Les signes cliniques observés et non pris en compte.....	97
c.	Les échographies pulmonaires.....	98
2.	La prise en charge thérapeutique .....	100
a.	La prise en charge thérapeutique utilisée dans cette étude .....	100
b.	Taux de guérison .....	100
<b>Conclusion</b>	.....	<b>105</b>
<b>Bibliographie</b>	.....	<b>107</b>
<b>Annexes</b>	.....	<b>115</b>

## LISTE DES ANNEXES

Annexe n°1 : Consentement éclairé pour les éleveurs.....	115
--	-----



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Veau avec du jetage nasal et oculaire (Thiry, 2011) .....	20
Figure 2 : Aire d'auscultation cardiaque gauche (en haut) et droite (en bas), (E. Chatelain, Anatomie comparée) .....	22
Figure 3 : Topographie des poumons de bovins, (Jackson and Cockcroft, 2002) .....	31
Figure 4 : Topographie des poumons de bœuf (Barone, 1997) .....	32
Figure 5 : Echographie d'un poumon physiologique, (Hussein et al., 2018).....	33
Figure 6 : Lignes B (Hussein et al., 2018) .....	34
Figure 7 : Consolidation d'un poumon de bovin (Braun et al., 2020) .....	35
Figure 8 : Broncho-aérogramme sur un poumon de bovin (Braun et al., 2020) .....	36
Figure 9 : Un épanchement pleural sur un poumon de bovin (Braun et al., 2020) .....	36
Figure 10 : Fibrine en suspension sur un poumon de bovin (Braun et al., 2020) .....	37
Figure 11 : Abscess pulmonaire sur un poumon de bovin (Braun et al., 2020) .....	38
Figure 12 : Lésion de mélanose maculeuse chez un veau, (WatreLOT D. VetAgro Sup) .....	42
Figure 13 : Atélectasie pulmonaire congénitale chez un veau mort-né (Maxie, 2015).....	43
Figure 14 : Emphysème pulmonaire sur un poumon de bovin (Maxie, 2015) .....	45
Figure 15 : Poumon de bovin en coupe montrant une hémorragie pulmonaire (Pathologie basis of veterinary disease, 5ème édition – ZACHARY & MCGAVIN) .....	47
Figure 16 : Poumons d'un bovin atteint d'une bronchopneumonie fibrineuse (Pathologie basis of veterinary disease, 5ème édition – ZACHARY & MCGAVIN) .....	49
Figure 17 : Bronchopneumonie suppurée chez un bovin (Kane et al., 2011).....	50
Figure 18 : Poumon atteint d'une pneumonie interstitielle chez un veau de parc d'engraissement (Pancieria and Confer, 2010).....	56
Figure 19 : Poumons atteint de pneumonie embolique (Pathologie basis of veterinary disease, 5ème édition – ZACHARY & MCGAVIN) .....	59
Figure 20 : Radiographie pulmonaire d'un veau atteint d'un pneumothorax (AVMA Publications, 2022) .....	62
Figure 21 : Pleurésie et pneumonie caséuse sur des poumons de bovins, (Kane et al., 2011).....	64
Figure 22 : Box-plot de répartition des scores de Wisconsin au sein de chaque élevage.....	75
Figure 23 : Répartition des scores de Wisconsin en fonction de l'auscultation pulmonaire.....	76
Figure 24 : box-plot des scores de Wisconsin des veaux en fonction des modifications présentes à l'auscultation respiratoire.....	77
Figure 25 : Diagramme en bâton représentant le nombre de veaux pour chaque critère et pour chaque note attribuée par la grille de Wisconsin.....	79
Figure 26 : Radar plot des moyennes de chaque item du score de Wisconsin en fonction de la catégorie clinique des veaux .....	80
Figure 27 : Box-plot de la distribution des surfaces des lésions échographiques par veau et par élevage.. .....	82
Figure 28 : Box-plot de comparaison des scores de Wisconsin en fonction de la présence ou non de lésions échographiques, par élevage.....	84
Figure 29 : Surfaces lésions échographiques en fonction du score de Wisconsin de chaque veau. ....	85
Figure 30 : Diagramme en bâton représentant le nombre de veaux pour chaque critère et pour chaque note attribuée par la grille de Wisconsin.....	86
Figure 31 : Radar plot des moyennes de chaque item du score de Wisconsin en fonction de la catégorie lésionnelle des veaux.....	87
Figure 32 : Diagramme en colonne du nbre de veaux par catégories cliniques, évolution en j0 et j7.. .....	89
Figure 33 : Diagramme en colonne du nombre de veaux par élevage en fonction de l'évolution des lésions échographiques. ....	90
Figure 34 : Diagramme des transitions des veaux inclus dans l'étude coloré en fonction du score de Wisconsin à J0 et J7 .....	94



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Etudes réalisées afin d'évaluer les différentes grilles de notation utilisables par l'éleveur	27
Tableau 2 : Etudes réalisées afin d'évaluer la sensibilité et la spécificité de l'échographie thoracique	40
Tableau 3 : Bilan des lésions pulmonaires .....	66
Tableau 4 : Tableau de score de Wisconsin .....	69
Tableau 5 : Proportion de veau par élevage avec un score de Wisconsin supérieur ou égale à 5 à J0	.76
Tableau 6 : Proportion de veaux avec des lésions échographiques par élevage et par type de lésions à J0.....	81
Tableau 7 : Tableau de contingence entre lésions échographiques et score de Wisconsin.....	83
Tableau 8 : Comparaison des incidents cliniques avec et sans traitement antibiotique à J7.....	91
Tableau 9 : Comparaison des persistants lésionnels avec et sans traitement antibiotique.....	92





## LISTE DES ABREVIATIONS

AMM : autorisation de mise sur le marché

ARN : acide ribonucléique

AVP : accident de la voie publique

BHV-1 : bovine herpes virus de type 1

BPI : bronchopneumonie infectieuse

BPIV-3 : virus parainfluenza bovin 3

BRSV : bovine respiratory syncytial virus

BVD : diarrhée virale bovine

CIVD : coagulation intravasculaire disséminée

EIC : espace inter-costal

E. coli : escherichia coli

ETEC : escherichia coli entérotoxique

GMQ : gain moyen quotidien

IBR : rhino-trachéite infectieuse

IgBP : immunoglobuline BP

IL1 : interleukine 1

Kg : kilogramme

LDV : lactate déhydrogenase-elevating virus

LPS : lipopolysaccharide

MHz : mégahertz

mg : milligramme

MRB : maladie respiratoire bovine

PN : polynucléaires neutrophiles

SARM : staphylocoques résistants à la méticiline multiresistant

S. Aureus : staphylocoques aureus

TME : méningo-encéphalite thrombotique

TR : température rectale



# INTRODUCTION

Les bronchopneumonies infectieuses (BPI) concernent tous les types d'élevage mais elles touchent particulièrement les veaux et les bovins à l'engraissement en bâtiment.

Cette maladie a une incidence élevée chez les veaux avant sevrage qui est estimée à 1,89 cas pour 1000 veaux/jours dans les élevages allaitant français (en moyenne, 5,6% des veaux par mois déclencheront une pneumonie) (Assié et al., 2004). Les BPI ont également une morbidité et une mortalité élevée et peuvent représenter jusqu'à 89% des causes de mortalité en centre d'engraissement aux états unis (Schmidt et al., 2023). Ces affections engendrent de nombreuses conséquences telles que la mise en place d'un traitement qui représente un coût et la réquisition de main d'œuvre, une morbidité et une dégradation de la courbe de croissance des veaux atteints (Lorenz et al., 2011; Stanton et al., 2012). Les maladies respiratoires restent l'une des causes les plus importantes de mortalité des veaux non sevrés (Dubrovsky et al., 2019).

Tout ceci a un fort impact économique pour l'élevage estimé, à titre d'exemple au royaume uni, de 30£ pour les cas modérés à 500£ en cas de décès et représentant environ 80 millions de livres par an pour la filière bovine dans son ensemble d'après le service nationale d'information sur les maladies animales du royaume uni.

Dans les élevages atteints, pour limiter l'impact clinique et économique de la maladie, il est important de détecter précocement les animaux atteints afin de les traiter en début d'évolution de la maladie pour améliorer l'efficacité du traitement et limiter le développement de lésion (Lhermie et al., 2016; Lorenz et al., 2011).

Actuellement, dans la plupart des élevages et cabinets vétérinaires, la détection des animaux atteints de bronchopneumonies repose principalement sur la mise en évidence de symptômes (fièvre, toux, dyspnée, ...) de la maladie lors de l'examen clinique. Néanmoins, l'examen clinique est peu spécifique (74,1%) et peu sensible (62,4 %) (Buczinski et al., 2015).

Dans un contexte de réduction de l'utilisation des antibiotiques et pour éviter la réalisation d'un traitement systématique avec des antibiotiques de l'intégralité des animaux dès qu'un animal est atteint de BPI, l'utilisation d'autres méthodes diagnostiques est essentielle pour améliorer la détection précoce des animaux atteints.

Depuis quelques années les techniques d'échographies thoraciques chez les bovins se sont beaucoup développées et commencent à se répandre dans le quotidien des vétérinaires ruraux (Camuset 2006). Elles sont particulièrement utilisées chez les veaux qui présentent régulièrement des maladies respiratoires.

Si l'échographie semble être plus performante que l'examen clinique pour détecter les animaux atteints, à la fois en termes de sensibilité (Se) et de spécificité (Sp) (Buczinski et al., 2015), des questions se posent sur sa pertinence clinique et économique pour l'éleveur. En particulier, l'échographie permet de ne mettre en évidence que des lésions (potentiellement anciennes) sans pouvoir présumé du caractère actif ou non de la BPI. L'échographie représente également un coût économique pour l'éleveur qui devra, pour qu'elle soit appliquée largement sur le terrain, être compensé par le bénéfice lié à son utilisation.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'utilité de l'échographie thoracique afin de mettre en place un traitement ciblé et sélectif sur des veaux lors d'une épidémie de bronchopneumonie en élevage bovin. Pour commencer, nous ferons un bilan des bronchopneumonies des veaux et le diagnostic de ses lésions puis nous passerons à la mise en pratique en élevage du diagnostic de bronchopneumonies grâce à l'échographie pour évaluer sa faisabilité et son intérêt potentiel.

# **PARTIE 1 :**

## **LES BRONCHOPNEUMONIES DES VEAUX ET LEUR DIAGNOSTIC**

Les maladies respiratoires des veaux sont diverses avec la possibilité de rencontrer des broncho-pneumonies, des pneumonies et des pleuropneumonies. Dans le cas de broncho-pneumonies, l'étiologie sera principalement *Mycoplasma spp.* ou *Pasteurella multocida*. Concernant les pleuropneumonies cela sera plutôt soit un empyème pleural, une pleurésie ou *Mannheimia haemolytica* et *Histophilus somni*.

Les pneumonies peuvent être toxiques avec l'emphysème des regains ou parasitaires avec *Dictyocaulus viviparus* mais ces deux dernières ne concernent pas les veaux en jeune âge qui sont la partie de la population bovine dont nous nous intéressons.

Les principaux agents pathogènes retrouvés lors de pneumonies chez les veaux sont : le virus respiratoire syncytial bovin, le virus para-influenza 3, le virus de diarrhée virale bovine (BVD) et l'adénovirus. Certains de ses agents pathogènes sont plus souvent mise en cause que d'autres : *Mycoplasma spp.*, *Histophilus somni*, *Pasteurella multocida*, *Bibersteinia trehalosi* ou *Mannheimia haemolytica*. Dans une étude (Love et al., 2014), chez 87,2% des veaux, correspondant à 811 veaux, au moins un de ses agents pathogènes a été retrouvé.

Mais d'autres agents pathogènes peuvent être rencontrés comme le coronavirus bovin. Dans les cas de maladies respiratoires, le coronavirus a 2,6 fois plus de chance d'être détecté par rapport à un bovin indemne de maladies respiratoires (Deepak et al., 2021). D'autres virus comme d'adénovirus bovin sous type 3, le virus de la rhinite A et le virus de la grippe bovine sont également significativement associés aux maladies respiratoires alors que ce ne sont pas les principaux agents pathogènes qui sont recherchés et mis en cause lors de maladies respiratoires chez les veaux.

La broncho-pneumonie des veaux est une entité complexe se caractérisant par des difficultés respiratoires liées à la présence de lésions variées causées par des agents pathogènes variés.

# I. PRINCIPE GENERAL DE DIAGNOSTIC DES LESIONS DE BRONCHOPNEUMONIES CHEZ LES VEAUX

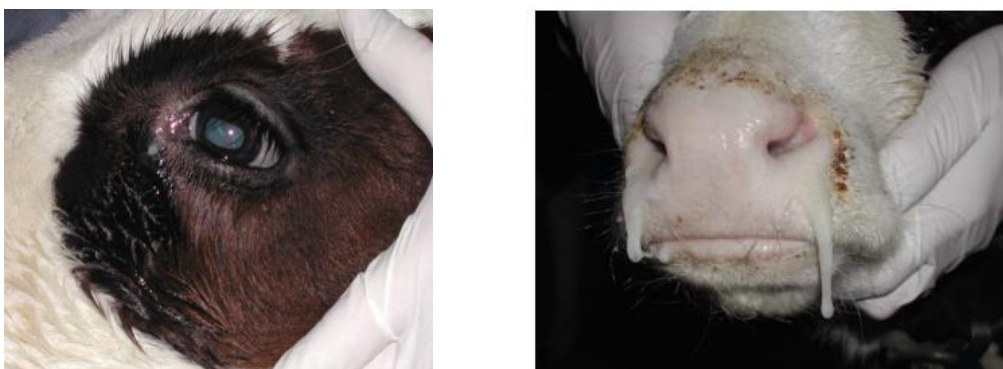
Le diagnostic des broncho-pneumonies est d'une importance clef au sein des élevages de veaux afin de limiter les conséquences qu'elles peuvent engendrer. Pour cela nous allons voir les différentes méthodes à notre disposition : un examen clinique complet et des techniques d'imageries.

## 1. DIAGNOSTIC A L'AIDE DE L'EXAMEN CLINIQUE ET DE L'AUSCULTATION

### A) EXAMEN CLINIQUE FAIT PAR LE VETERINAIRE

#### a. *Examen clinique et valeurs usuelles*

L'examen clinique se réalise après avoir recueilli l'anamnèse et les commémoratifs donnés par l'éleveur. Cet examen doit être complet avant de passer aux examens complémentaires (Cuevas-Gómez et al., 2021). Le vétérinaire commence par un examen à distance pour évaluer les mouvements respiratoires : la fréquence respiratoire doit être entre 15 et 35 mouvements par minute, leur amplitude et leur rythme. Puis il faut également observer les modifications générales comme une position en opisthotonos ou un animal en dyspnée avec la tête tendue, les naseaux dilatés et la bouche ouverte. Enfin, dans le cadre des bronchopneumonies, il faut porter une attention particulière à la présence de jetage (figure 1), d'épiphora ou de cornage.



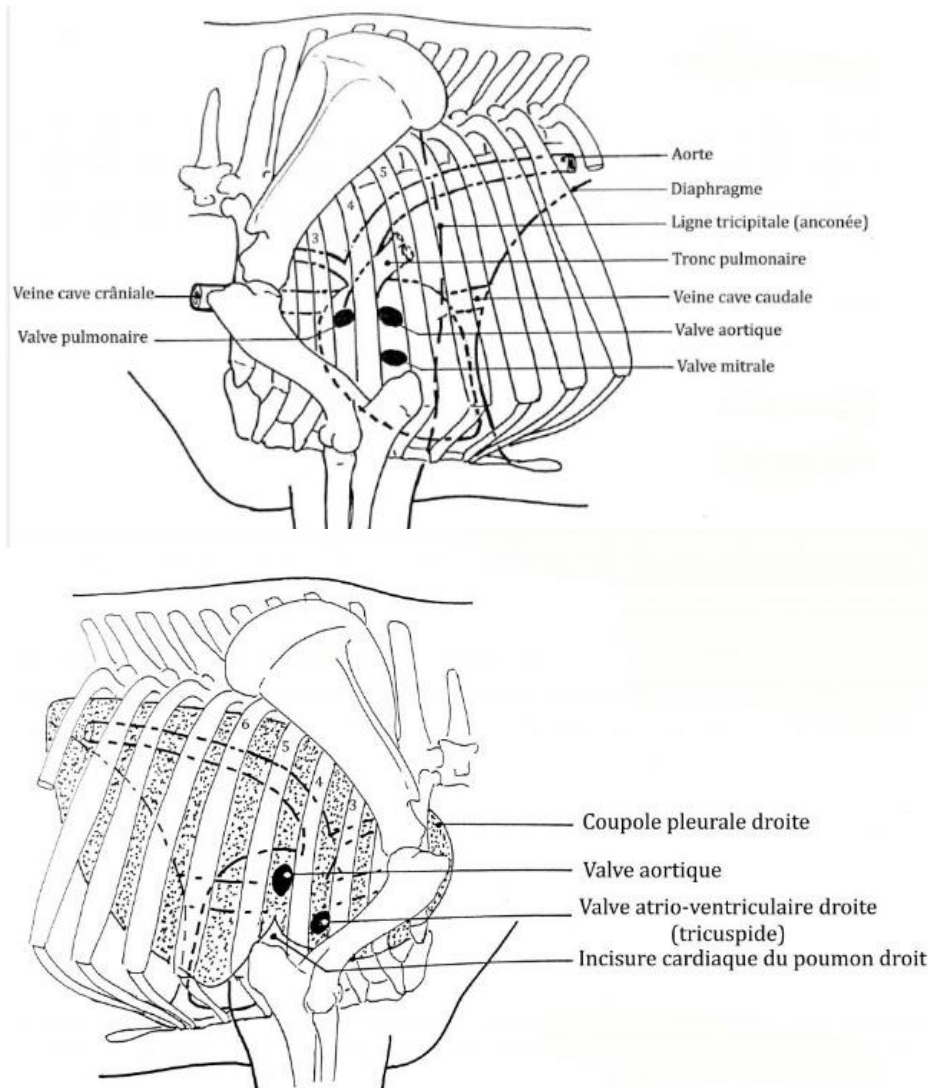
*Figure 1 : Veau avec du jetage nasal et oculaire (Thiry, 2011).*

L'examen se poursuit par un examen rapproché (Peter G.G. Jackson and Peter D. Cockcroft, 2002) qui commence par l'observation des muqueuses et des yeux. Les muqueuses doivent être roses et humides et les yeux ne doivent pas être enfoncés ni présenter d'écoulement. Il est important de réaliser ensuite un examen clinique général incluant l'appareil digestif même lorsque le motif d'appel de l'éleveur est une maladie respiratoire et qu'une tachypnée est mise en évidence à l'examen clinique rapproché. En effet, la tachypnée n'est pas systématiquement causée par une pathologie respiratoire et ne doit pas masquer d'autres symptômes potentiellement tout aussi importants (Martel, 2019). L'examen clinique général doit également inclure une mesure de la température rectale qui se situe entre 38 et 39,2°C pour un bovin adulte et un veau (Andersson and Jonasson, 1993; GIE Elevage des Pays de la Loire, 2005).

Enfin, nous allons réaliser un examen de l'appareil cardio-respiratoire, cette partie de l'examen sera traitée spécifiquement dans la partie suivante.

### *b. Auscultation pulmonaire et bruits respiratoires*

A l'aide d'un stéthoscope, le vétérinaire doit réaliser l'auscultation cardio-respiratoire (figure 2). Les battements cardiaques doivent être correctement audibles, francs et non étouffés sans souffles. Le rythme cardiaque doit être régulier avec une fréquence entre 60 et 90 battements par minute pour un bovin adulte et entre 90 et 110 battements par minute pour un veau. Pour l'appareil respiratoire, il faut effectuer une palpation de l'appareil respiratoire supérieur, c'est-à-dire placer ses doigts et palper la trachée, le larynx et le pharynx afin de détecter une possible sténose ou un réflexe de toux. On peut ensuite effectuer une percussion de l'aire d'auscultation respiratoire afin de rechercher la présence d'un changement de la sonorité des poumons (matité ou résonance). Sachant qu'une résonance est plutôt en faveur d'un pneumothorax ou d'un important emphysème alors qu'une matité nous oriente vers une pleurésie ou un abcès par exemple (Ferrari et al., 2010). Mais en réalité, les percussions sont peu réalisées sur le terrain car les modifications de sonorités sont subtiles et ce n'est pas toujours facile à entendre.



*Figure 2 : Aire d'auscultation cardiaque gauche (en haut) et droite (en bas), (E. Chatelain, Anatomie comparée)*

Chez le veau, l'auscultation pulmonaire est plus aisée parce qu'ils ont une épaisseur de muscles plus fine que les bovins adultes. Il faut également faire abstraction des bruits parasites tels que les bruits cardiaques et digestifs (Martel, 2019). Les aires d'auscultation sont légèrement différentes entre la droite et la gauche (figure 2), l'aire d'auscultation gauche est légèrement plus petite qu'à droite. A droite, l'aire commence au niveau de l'EIC (espace intercostal) un et deux au niveau ventro-crâniale et s'arrête au niveau du diaphragme et du foie, correspondant au haut de la 12<sup>ème</sup> côte en passant par le milieu de la neuvième côte. A gauche, le lobe crâniale commence au niveau du deuxième EIC et s'arrête au haut de la 11<sup>ème</sup> côte en passant également par le milieu de la neuvième côte ce qui correspond au diaphragme, à la rate et au rumen (Barone, 1997).



## **Modification des bruits normaux**

Les bruits respiratoires sont audibles mais d'intensité faible au niveau des poumons. Ils sont également audibles au niveau de la trachée et d'intensité plus élevée ce qui facilite la mesure de la fréquence respiratoire. Les bruits respiratoires normaux proviennent de l'inspiratoire et l'expiration passant dans les bronches et les alvéoles. Ces bruits peuvent augmenter lors d'un effort physique mais cela peut également montrer la présence d'une atélectasie ou d'une consolidation pulmonaire faisant suite à une pneumonie (Jackson and Cockcroft, 2002). Les bruits respiratoires peuvent également être diminués notamment par la présence d'air ou de liquide au niveau des poumons.

## **Les bruits surajoutés**

### **Les râles secs**

---

Les râles secs sont perçus comme des sifflements lors de l'auscultation pulmonaire, ils sont continus, ils peuvent être ronflants c'est-à-dire plutôt de sonorité grave ou sibilants donc plutôt aigus. Ces râles correspondent soit à la vibration des parois de l'appareil respiratoire dont le diamètre est diminué soit à la présence de substances telles que du mucus visqueux, épais et adhérent à la paroi (Huet H and Moustier V., 2009). Lorsque ces bruits sont audibles en phase inspiratoire cela montre plutôt une atteinte du larynx ou de la trachée alors que s'ils sont perceptibles en phase expiratoire cela correspond à une atteinte des voies respiratoires inférieures comme une pneumonie interstitielle, une bronchopneumonie ou encore une bronchite (Amrani, 2020).

### **Les râles humides et muqueux**

---

Les râles humides et muqueux peuvent être entendus comme des crépitements et des ronflements au cours de l'auscultation pulmonaire. Ils sont discontinus et peuvent être aigus et peu intenses ce qui correspond à des râles plutôt humides mais ils peuvent aussi être graves, intenses et avec la présence de gargouillement ce qui correspond à des râles muqueux. Ces râles présents en fin d'inspiration sont signe d'un œdème bronchiolaire et interstitiel ou d'une pneumonie interstitielle débutante alors qu'au début de l'inspiration ou au début de l'expiration, ils révéleront la présence d'une accumulation de liquide en zone trachéobronchique, d'une bronchopneumonie ou d'une pneumopathie obstructive (Martel, 2019).

## Les crépitations sèches et les craquements

---

Ces bruits surajoutés sont perçus en fin d'inspiration principalement et peuvent être entendus comme un bruit de « pas dans la neige » (Legrand, 2020), c'est un bruit discontinu, assez court. Ces bruits correspondent à une déchirure de la paroi des alvéoles et indiquent la présence d'un emphysème pulmonaire ayant pour origine un œdème, une bronchopneumonie ou une pneumonie interstitielle.

## Les frottements

---

Les frottements sont rarement entendus lors de l'auscultation, ils peuvent être continus ou discontinus et proviennent des plèvres et plus précisément d'un frottement anormal entre les deux plèvres (Amrani, 2020). En général ils sont superficiels et révèlent une pleurésie débutante.

Aucun de ces symptômes, qu'ils soient observés lors de l'examen clinique général ou de l'auscultation pulmonaire, ne permettent, à eux seuls, de confirmer ou d'infirmer avec certitude la présence d'une BPI. Pour faciliter le travail de synthèse du vétérinaire ou de l'opérateur, ils peuvent être réunis dans des grilles de notation qui permettent de classer et d'uniformiser les données. Ces grilles nous permettent ensuite de classer objectivement les animaux, ainsi les animaux seront considérés malades ou non en fonction de critères prédéfinis et uniformes d'un opérateur à l'autre et d'un élevage à l'autre.

### B) PERFORMANCE DE L'EXAMEN CLINIQUE ET LES DIFFÉRENTES GRILLES DE NOTATION DE L'EXAMEN CLINIQUE DISPONIBLES ET UTILISABLES PAR L'ÉLEVEUR

La première grille de notation de l'examen clinique, pour le diagnostic des bronchopneumonies des veaux, accessible a été décrite en 1977 (Thomas et al., 1977) mais elle n'est pas très adaptée à l'utilisation en élevage que cela soit par les vétérinaires ou par les éleveurs parce qu'elle est composée de 17 items et nécessite des données hématologiques non réalisables par l'éleveur seul.

Vient ensuite en 2008, le score de Wisconsin mis au point par des chercheurs de l'université du Wisconsin (McGuirk, 2008). Ce score utilise cinq signes cliniques : la

position de la tête et des oreilles, le jetage oculaire, le jetage nasal, la toux et la température rectale. Chacun des signes cliniques est noté en quatre niveaux allant de 0 à 3 et le veau est considéré comme atteint de maladie respiratoire bovine (MRB) si la somme des cinq notations est supérieure ou égale à cinq (McGuirk, 2008).

Un troisième système a été mis au point, le système de pointage California BRDC (système CA). Il est simple d'utilisation car il nécessite peu de manipulation, il comprend six signes cliniques et on les classe présents ou absents. Ces signes cliniques à observer sont : le jetage oculaire, le jetage nasal, inclinaison de la tête et des oreilles, la toux, qualité respiratoire et si la température est inférieure à 39,2°C ou supérieure ou égale (Love et al., 2014).

Enfin en 2010, un dernier système, le système DART a été créé mais n'a pas été évalué par des pairs. DART signifie dépression, appétit, respiration et température qui sont les quatre items qui sont observés dans ce système. Néanmoins pour chaque item ce système nécessite la mise en place de poids des signes cliniques et des points de décision et ceux-ci ne sont pas définis dans l'étude de départ donc il est difficile de standardiser ce système et c'est pourquoi il n'a pas été évalué par des pairs (Panciera and Confer, 2010).

Dans la suite du manuscrit, nous nous concentrerons principalement sur le score de Wisconsin et le système de pointage California BRDC qui sont les plus facilement utilisables en élevage et notamment par les éleveurs et qui sont utilisés dans la plupart des études scientifiques sur le BPI.

Les principales études ayant évaluées les performances diagnostiques de ces deux grilles de notations sont synthétisées dans le tableau 1.

La sensibilité de l'examen clinique correspond à la probabilité que le veau soit réellement atteint d'une affection pulmonaire quand nous trouvons des signes cliniques correspondants. La spécificité, quant à elle, est la probabilité que le veau soit réellement sain lorsque l'examen clinique nous indique que le veau n'est pas malade.

A l'aide de ce tableau, nous pouvons constater que pour le système de pointage du score de Wisconsin, la sensibilité varie de 31% à 71,1% et la spécificité varie de 74,1 à 100%. Concernant le système de pointage California BRDC, la sensibilité varie de 46,8% à 72,6% et la spécificité de 87,4% à 87,6%. Nous observons de plus grandes variations des performances du système de Wisconsin d'une étude à l'autre mais les deux systèmes montrent des valeurs proches de sensibilité et de spécificité qui se recoupent dans la plupart des études en particulier dans celle qui évalue simultanément les deux scores de notation (Love et al., 2016). Ainsi, quel que soit le système de notation, environ un veau atteint de BPIE sur deux (50%) ne sera pas classé positif par le score clinique et donc détecté comme atteint à l'examen clinique. À l'inverse, environ un à deux veaux sur dix présenteront un examen clinique anormal alors qu'ils ne sont pas atteints de BPIE. C'est pourquoi il est intéressant d'utiliser une méthode plus sensible comme l'échographie.

Tableau 1 : Etudes réalisées afin d'évaluer les différentes grilles de notation utilisables par l'éleveur

Auteurs et Année	Score évalué	Population cible	Effectif	Méthode de référence	Autre méthode évaluée	Seuil de positivité	Sensibilité et Spécificité
<b>(Berman et al., 2022)</b>	Système Wi	Veaux de boucherie	800	Aucune, car estimation des Se et Sp en l'absence de Gold Standard à l'aide d'un modèle à classe latente	Echographie thoracique et concentration en haptoglobine	- Wisconsin : 2 signes cliniques	- Se 31% IC [14 – 70] - Sp 100% IC [99 – 100]
<b>(Buczinski et al., 2018)</b>	Système CA	Veaux laitiers pré-sevrés	608	Aucune, car estimation des Se et Sp en l'absence de Gold Standard à l'aide d'un modèle à classe latente	Echographie	- Ca > 5	- Se : 46,8% IC [39,5 – 54,3] - Sp : 87,6% IC [82,6 – 91,1]
<b>(Love et al., 2016)</b>	- Système CA - Système Wi	Veaux laitiers pré-sevrés en Californie	536	Aucune, car estimation des Se et Sp en l'absence de Gold Standard à l'aide d'un modèle à classe latente	- Auscultation - Echographie thoracique Interprétés en parallèle	- Système CA : positif si points ≥ 5 - Wisconsin ≥ 5	CA : SSe* : 46,8% IC [39,5 – 54,3] Dse* : 72,6% IC [65,2 – 78,9] Sp : 87,4% IC [82,6 – 91,1] Wi : SSe : 46% IC [38,9 – 53,3]

							DSe : 71,1% IC [63,5 – 77,7] Sp : 91,2% IC [87,2 – 94]
<b>(Buczinski et al., 2015)</b>	Système Wi	Veaux laitiers Prim'Holstein pré-sevrés	191 veaux avec prévalence BRD moyenne et élevée	Aucune, car estimation des Se et Sp en l'absence de Gold Standard à l'aide d'un modèle à classe latente	- Examen clinique - Echographie	- Wisconsin $\geq$ 5	- Se 62,4 % IC [47,9 – 75,8] - Sp 74,1 % IC [64,9 – 82,8]

- Système CA : système de pointage California BRDC

Système Wi : Système de pointage Wisconsin BRDC

- \* SSe : Sensibilité de dépistage qui est utilisé pour calculer la prévalence de MRB

- \* DSe : Sensibilité de diagnostic qui elle permet de confirmer la MRB

-IC = Intervalle de Confiance

## 2. DIAGNOSTIC A L'AIDE DE L'ECHOGRAPHIE

### A) PROCEDURE POUR LA REALISATION DES ECHOGRAPHIES THORACIQUES EN ELEVAGE

#### a. *Le nécessaire à la réalisation des échographies pulmonaires des veaux en élevage*

#### L'échographe

---

Il existe différents types d'échographes sur le marché vétérinaire. En élevage nous avons besoin d'un échographe portatif. Il existe plusieurs fournisseurs et pour chaque fournisseur une large gamme d'appareils disponibles, les fournisseurs les plus courants en France et chez les praticiens ruraux sont Draminski avec l'IScan 2 et sa sonde linéaire, IMV avec l'Easi-scan et sa sonde semi-convexe et Kaizin avec le RKU10 et sa sonde linéaire.

De multiples sondes d'échographes sont également disponibles avec, en particulier, pour celles les plus souvent utilisées en élevage, les sondes linéaires et les sondes semi-convexes. Les sondes linéaires entraînent peu de déformation des images échographiques visualisées mais les images sont de tailles réduites et la profondeur des lésions visualisables est limitée par rapport à la sonde semi-convexe. La sonde semi-convexe provoque une déformation plus importante des images mais permet de visualiser des organes plus profonds et de plus grandes tailles (Mancini, 2019). Chaque sonde est également utilisable sur une certaine gamme de fréquence d'ultrason à choisir en fonction de l'organe à observer. Un organe superficiel nécessitera une sonde de haute fréquence allant de 7,5 à 10 MHz qui a une bonne résolution mais une mauvaise pénétrance. Alors qu'un organe plus en profondeur demandera une sonde de basse fréquence allant de 2,5 à 5 MHz qui a une bonne pénétrance mais une moins bonne définition de l'image (Loriot, 2011).

En clientèle rurale, l'utilisation majoritaire de l'échographie concerne l'examen de l'appareil génital pour les diagnostics de gestation ou les suivis de reproduction. Il est généralement réalisé avec une sonde rectale linéaire à haute fréquence. Il s'agit donc du type de sonde le plus couramment disponible en clinique. Certaines cliniques sont équipées d'échographes avec des sondes semi-convexes (rectale ou non) qui sont également utilisables pour l'appareil génital mais qui permettent aussi de correctement observer les organes abdominaux tels que le réseau et le rumen par exemple et les organes thoraciques : le cœur et les poumons car elle permet de visualiser des images

avec une profondeur plus importante (Reef, 1991). Pour les échographies thoraciques, les deux types de sondes (linéaires ou semi-convexes) peuvent être utilisés. En effet lors des échographies pulmonaires chez les veaux nous visualisons la paroi thoracique, les plèvres pariétale et viscérale et quelques centimètres des poumons ce qui représente moins de dix centimètres (Babkine and Blond, 2009). C'est pourquoi une sonde semi-convexe est utilisable mais provoque une déformation des images, qui est réduite avec les sondes linéaires et ces dernières peuvent être suffisantes pour la profondeur réduite dont nous avons besoin de visualiser pour l'échographie des poumons.

### La contention

---

Une fois l'échographe choisi, il faut se mettre dans des conditions optimales pour la réalisation de cet acte. En effet la contention des veaux est primordiale pour la réalisation d'une échographie la plus qualitative possible. Il y a plusieurs solutions qui vont notamment dépendre de la conception du bâtiment d'élevage (Sohy, 2019). La solution idéale semble être de placer les veaux au cornadis ce qui est facile à préparer pour l'éleveur avant l'arrivée du vétérinaire et pratique pour réaliser les échographies par le vétérinaire. Cela est avantageux car cela permet de contenir tout un lot de veau en même temps mais nécessite la présence de cette infrastructure au sein de l'élevage. Si des cornadis ne sont pas disponibles, il est possible d'utiliser une cage de contention qui est sécurisée mais plus chronophage si plusieurs veaux doivent être échographiés. Il est également possible que l'éleveur tienne veau après veau si aucun autre moyen de contention n'est à disposition mais cela est plutôt contraignant. Aucune tranquillisation n'est nécessaire car l'échographie est un acte non invasif et non douloureux réalisé, dans le cadre des BPIE chez les veaux, sur des animaux de petit gabarit et facilement manipulable (Buczinski et al., 2013).

### Le petit matériel nécessaire

---

En plus de l'échographe, nous avons idéalement besoin d'une tondeuse et d'un liquide de contact qui peut-être soit de l'alcool soit du gel échographique. La tonte permet d'améliorer la netteté des images échographiques mais elle est superflue et chronophage (en moyenne deux minutes par veau (observation personnelle)) lorsque plus d'une dizaine de veaux doivent être échographiés. Cependant le liquide de



contact est, lui, indispensable. L'alcool liquide permet la pénétration quasiment instantanée des rayons de l'échographie alors que le gel échographique nécessite un temps de pénétrance. En revanche, l'alcool sèche plus rapidement et nécessite donc une quantité plus importante de liquide alors que le gel reste en place pendant plus longtemps et ne nécessite qu'une seule application (Buczinski et al., 2013).

### *b. Repères anatomiques*

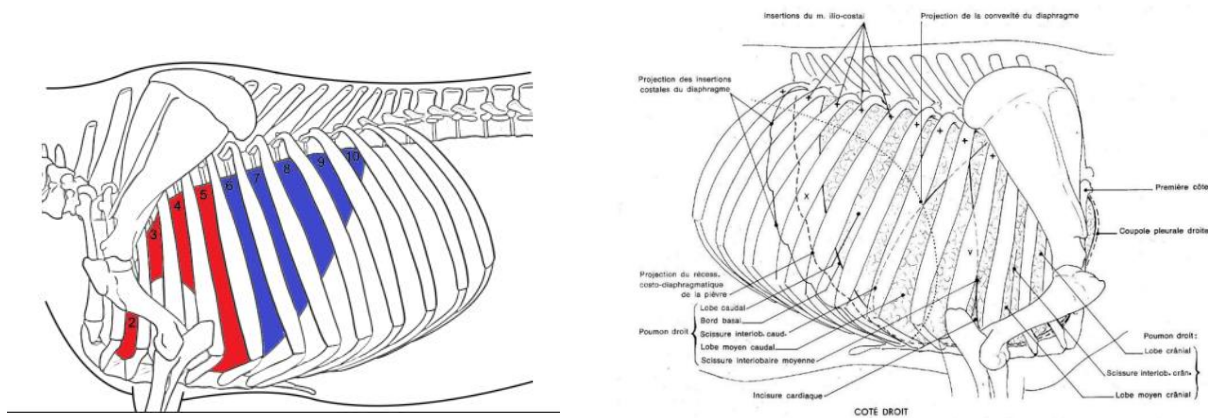
Les poumons des bovins sont divisés en deux parties : gauches et droites respectivement dans le thorax gauche et le thorax droit. Le poumon gauche (figure 3) est composé de deux lobes pulmonaires, il y a le lobe crânial subdivisé en partie crâniale et en partie caudale et le lobe caudal. Le poumon droit (figure 3) quant à lui est composé de trois lobes pulmonaires : le lobe crânial également subdivisé en partie crâniale et en partie caudale, le lobe moyen et le lobe caudal (Barone, 1997).



*Figure 3 : Topographie des poumons de bovins, (Jackson and Cockcroft, 2002)*

L'aire d'auscultation pulmonaire (Figure 4), équivalente à l'aire de réalisation de l'échographie pulmonaire est légèrement plus réduite au niveau du thorax gauche que le droit (Barone, 1997). En effet, la limite ventro-crâniale de l'aire d'auscultation pulmonaire gauche est le lobe crâniale gauche qui s'étend jusqu'au deuxième EIC où nous pouvons voir le thymus s'il est encore présent. Alors que pour le thorax droit, la limite ventro-crâniale est au niveau du premier EIC où se situent les artères et veines thoraciques côte à côte et visualisables à l'échographie et qui permettent de marquer le début des lobes pulmonaires droits (Ollivett et al., 2015).

Au niveau de la limite caudo-dorsale, les lobes pulmonaires atteignent tous les deux le dixième EIC mais à gauche le lobe caudal est délimité par le diaphragme, la rate et le rumen alors qu'à droite il sera délimité par le diaphragme et le foie.



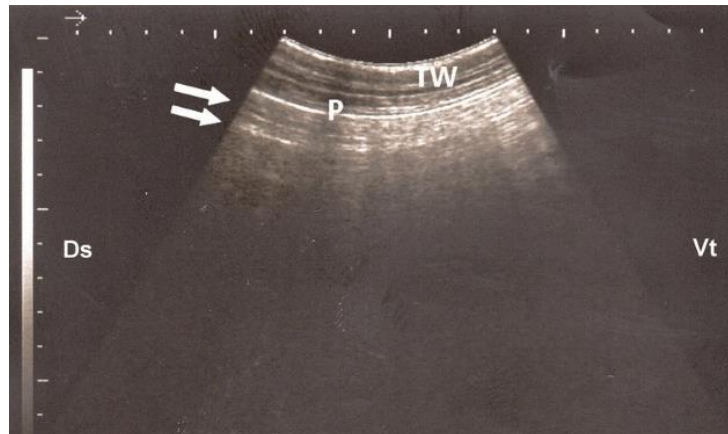
*Figure 4 : Topographie des poumons de bœuf (Barone, 1997)*

### *c. La réalisation de l'échographie thoracique*

Pour une échographie de bonne qualité, la sonde de l'échographe doit être placée entre deux côtes, parallèle à l'axe des côtes. On commence crânialement d'un côté ; par exemple à gauche, on débute au deuxième EIC (au premier à droite) et on va jusqu'au dixième EIC au niveau caudo-dorsal (figure 17), (Rosenberg G. et al., 1979). Il faut passer la sonde par l'intégralité de la hauteur des poumons, ainsi la hauteur à échographier va diminuer plus on se rapprochera du dixième EIC. Par exemple le poumon atteint le milieu de la neuvième côte mais ne descend pas plus bas (Barone, 1997). Pour les quatre premiers EIC, la sonde sera positionnée sous le coude et idéalement avec les membres antérieurs mis en abduction. Si la manipulation est facilement réalisable pour les jeunes avant quatre mois d'âge, elle est beaucoup plus complexe, voire impossible, lorsqu'ils sont plus âgés. Par ailleurs, l'essentiel des lésions étant situées dans les lobes crâniens, il existe des protocoles simplifiés (Pravettoni et al., 2021) qui ne s'intéressent qu'aux lobes crâniens et médiaux. Pour le poumon gauche, l'échographie se déroule du deuxième au cinquième EIC et pour le poumon droit, cela s'étend du premier au cinquième EIC. Ce protocole simplifié permet un gain de temps important en ne diminuant que faiblement la sensibilité de l'échographie par rapport à l'examen de l'intégralité de l'aire d'auscultation pulmonaire (Masset et al., 2022).

#### *d. Les images physiologiques observables lors de l'échographie pulmonaire*

Concernant les images physiologiques, chez un animal ne présentant pas de lésion pulmonaire (figure 5) on peut identifier sur les images échographiques, la paroi thoracique (composée de la peau et de la paroi musculaire), les plèvres et des artéfacts de réverbération. La paroi thoracique est visible sous la forme d'une bande continue légèrement hyperéchogène de quelques centimètres. Les plèvres forment une ligne continue très hyperéchogène qui est en mouvement au même rythme que la respiration. Les deux plèvres sont physiologiquement non individualisables. Au-delà de la plèvre et en l'absence de lésion pulmonaire, l'intégralité des ondes échographiques sont réfléchies par le gaz présent dans les poumons sains qui ne sont donc pas visualisables par échographie. On peut toutefois visualiser sur l'image en « dessous » de la plèvre, des artéfacts de réverbération qui sont des lignes hyperéchogènes parallèles à la plèvre qui sont présentent en plusieurs exemplaires. Ces artéfacts sont également nommés images en miroir ou lignes A. Les artéfacts résultent de la réflexion des ondes entre deux surfaces très échogènes correspondant ici à l'interface peau/sonde et plèvre/poumon (Mancini, 2019).



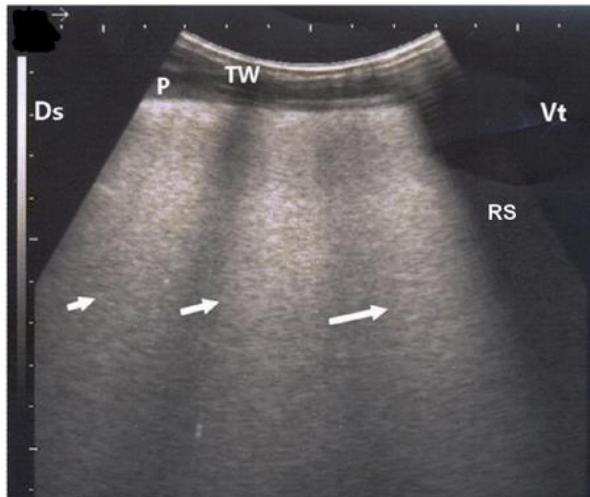
*Figure 5 : Echographie d'un poumon physiologique, (Hussein et al., 2018)*

*TW = paroi thoracique, P = plèvres hyperéchogène, Ds = côté dorsal, Vt = côté ventral et les flèches = artéfacts de réverbération*

## B) LESIONS OBSERVABLES A L'ECHOGRAPHIE PULMONAIRE

Nous allons maintenant parcourir l'ensemble des lésions que nous pouvons observer lors de l'échographie pulmonaire. Comme les ondes échographiques ne pénètrent pas dans l'air des poumons sains, seules les lésions accolées aux plèvres sont visibles à l'échographie, ainsi certaines lésions peuvent passer inaperçues.

### a. *Les lignes B*



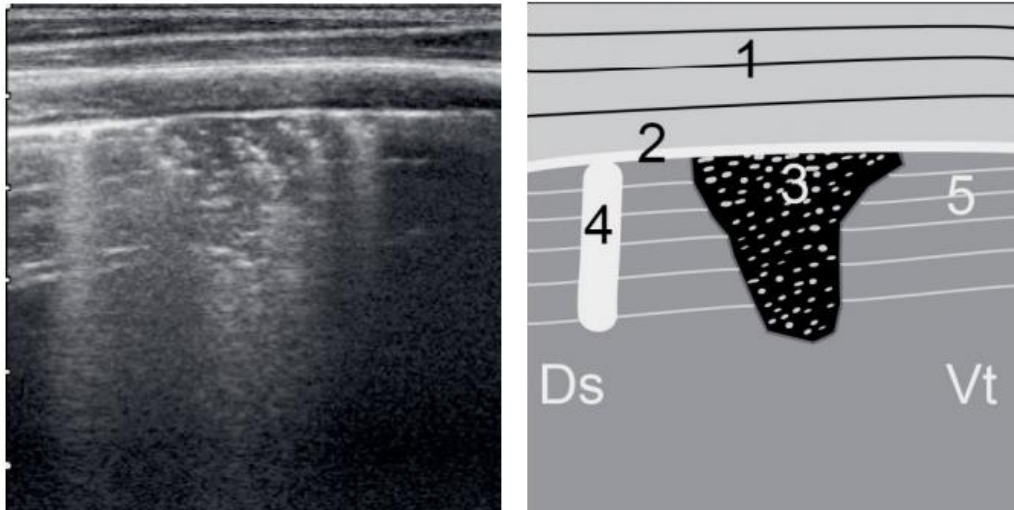
*Figure 6 : Lignes B (Hussein et al., 2018)*

*TW = paroi thoracique, P = plèvres hyperéchogènes, Ds = côté dorsal, Vt = côté ventral, RS = ombres dues aux côtes et les flèches = lignes B*

Les lignes B (figure 6) sont des lignes perpendiculaires aux plèvres, prenant origine au niveau des plèvres dont elles déforment la continuité sur l'image échographique. Leur origine est la présence d'un mélange air et liquide au niveau de la plèvre et donc d'un syndrome interstitiel. Ce sont des lignes hyperéchogènes, bien définies, généralement plus larges que la largeur de la ligne représentant les plèvres, elles sont bien définies mais on ne visualise pas la fin parce qu'elle se situe plus loin que ce que nous pouvons voir avec l'échographe. Les lignes B, quand elles sont présentes, font disparaître les artéfacts de réverbération. Les lignes B sont également appelées « queues de comètes » et peuvent apparaître n'importe où dans le poumon (Lichtenstein, 2014). Les lignes B sont présentes très fréquemment mais en faible quantité, lorsque leur nombre est supérieur ou égal à trois au sein d'un même champ

échographique, cela signifie que l'animal a une grande probabilité d'être atteint d'un syndrome interstitiel (Lichtenstein, 2014).

### *b. La consolidation*

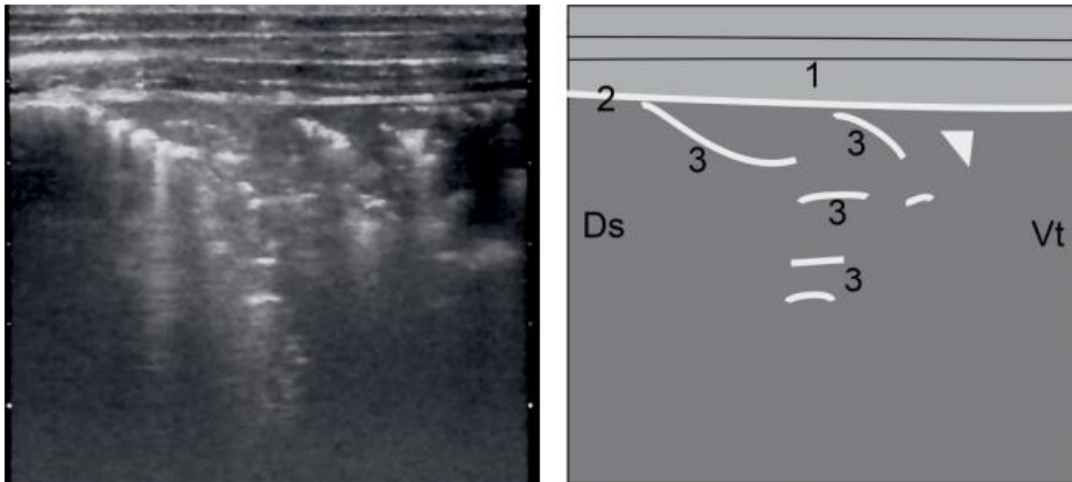


*Figure 7 : Consolidation d'un poumon de bovin (Braun et al., 2020)*

*1 = paroi thoracique, 2 = plèvres, 3 = consolidation, 4 = queue de comète, 5 = artéfacts de réverbération, Ds = côté dorsal et Vt = côté ventral*

La consolidation (figure 7) est une zone du poumon qui n'est plus aérée, cela peut être par comblement des alvéoles par du liquide ou des cellules inflammatoires, dû à la présence d'une masse dans le thorax qui comprime une zone pulmonaire ou cela peut faire suite à une atelectasie du parenchyme comme lors de pneumothorax par exemple ou cela peut être du à une bronchopneumonie (Babkine and Blond, 2009). A l'échographie le parenchyme paraît hétérogène, avec un aspect granuleux, plutôt bien délimité et on constate une disparition des artéfacts de réverbération. Globalement l'échogénicité tissulaire des poumons avec présence de lésions de consolidation est comparable à celle du foie. Les lésions de consolidation engendrent une probabilité de mortalité plus élevée chez le veau (Adams and Buczinski, 2016) mais également d'autres conséquences telle qu'une perte de gain moyen quotidien (Cramer and Ollivett, 2019).

### c. Les broncho-aérogrammes

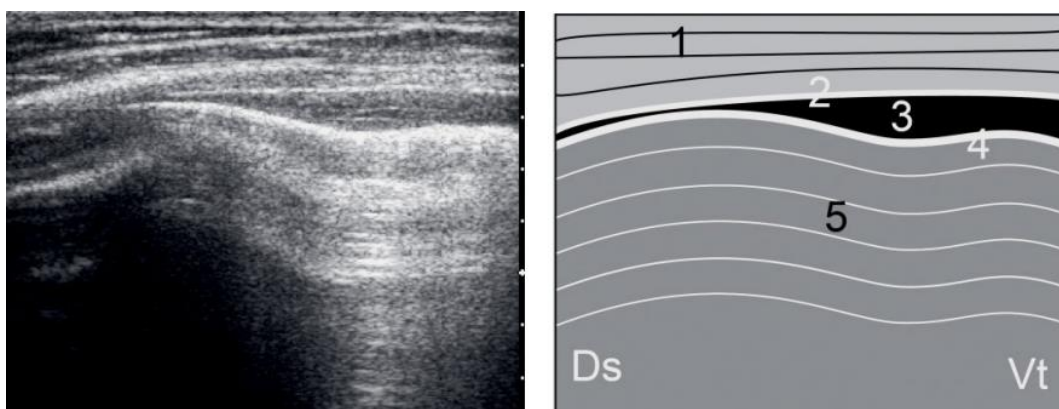


*Figure 8 : Broncho-aérogramme sur un poumon de bovin (Braun et al., 2020)*

*1 = paroi thoracique, 2 = plèvres, 3 = broncho-aérogramme, Ds = côté dorsal et Vt = côté ventral*

Les broncho-aérogrammes (figure 8) sont des foyers de petite taille dus à des bulles de gaz piégées dans les bronches qui résultent de la production d'air. Ces nombreuses petites zones sous les plèvres sont hyperéchogènes avec la présence d'une trainée hyperéchogène et sont souvent coalescentes. C'est une lésion secondaire permettant de confirmer la présence de lésion de consolidation et par conséquent d'une bronchopneumonie bactérienne (Braun et al., 2020).

### d. Les épanchements pleuraux



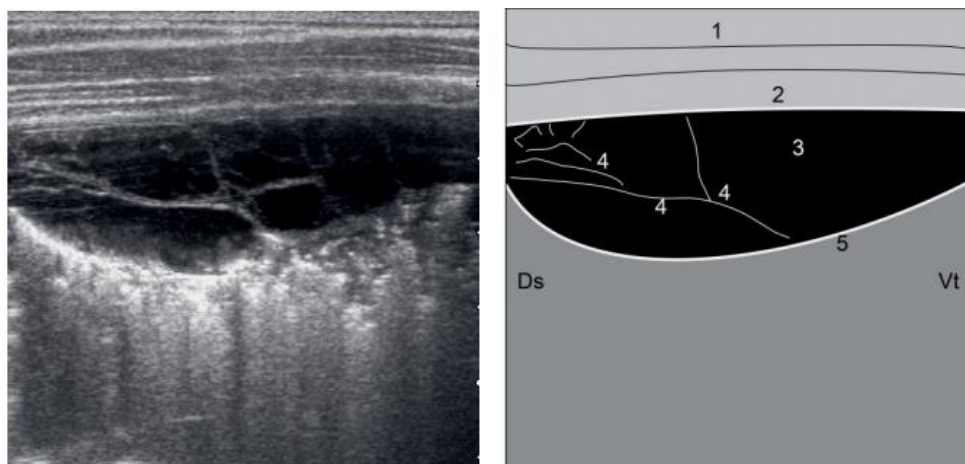
*Figure 9 : Un épanchement pleural sur un poumon de bovin (Braun et al., 2020)*

*1 = paroi thoracique, 2 = plèvre pariétale, 3 = épanchement pleural, 4 = plèvre pulmonaire, 5 = artéfacts de réverbération, Ds = côté dorsal et Vt = côté ventral*



Les épanchements pleuraux (figure 9) correspondent à la présence de liquide entre la couche viscérale et la couche pariétale des plèvres. Comme nous l'avons vu, normalement les plèvres apparaissent comme une ligne hyperéchogène à l'échographie. En cas d'épanchement pleural (entre la plèvre viscérale et pariétale), cette ligne est déformée et se sépare en deux lignes hyperéchogènes distinctes. Les deux plèvres sont séparées par un liquide d'aspect anéchogène plus ou moins important (Hussein et al., 2018). L'épanchement pleural peut être un exsudat (correspondant à une pleurésie) ou un transsudat. La pleurésie peut provenir d'une pleuropneumonie bactérienne, d'un corps étranger ou septicémique. Quant au transsudat il peut provenir d'une hypoprotéinémie, d'un défaut de retour veineux ou tumoral. Certains épanchements sont d'origine idiopathique et non pathologique lorsqu'ils sont en quantité modérée.

#### e. La fibrine en suspension

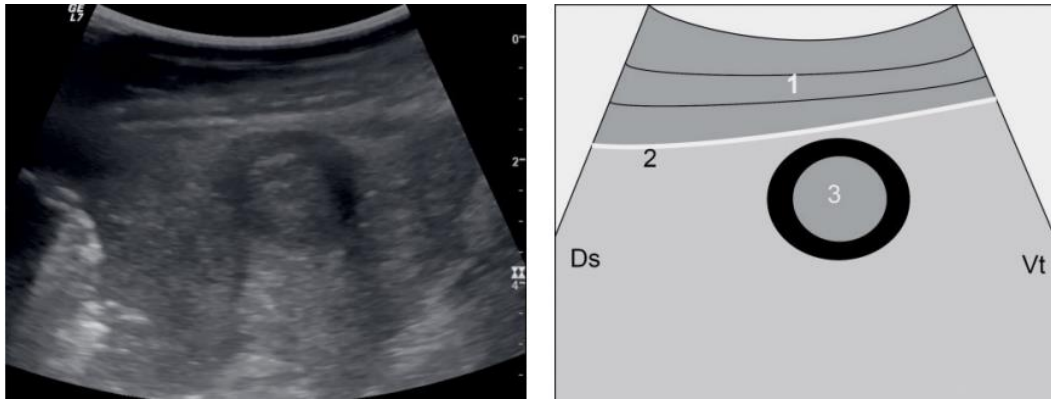


*Figure 10 : Fibrine en suspension sur un poumon de bovin (Braun et al., 2020)*

1 = paroi thoracique, 2 = plèvre pariétale, 3 = épanchement pleural, 4 = fibrine en suspension, 5 = plèvre pulmonaire, Ds = côté dorsal et Vt = côté ventral

La fibrine en suspension dans les poumons (figure 10) correspond à la présence d'un tissu qui flotte dans un liquide. La fibrine est une protéine fibreuse qui permet la coagulation et est impliquée dans la réponse inflammatoire (Molmy, 2018). A l'échographie la fibrine apparaît comme une structure hypoéchogène en suspension dans un liquide anéchogène. La fibrine peut engendrer ensuite des abcès.

## f. Les abcès pulmonaires



*Figure 11 : Abcès pulmonaire sur un poumon de bovin (Braun et al., 2020)*

*1 = paroi thoracique, 2 = plèvres, 3 = abcès pulmonaire, Ds = côté dorsal et Vt = côté ventral*

Les abcès pulmonaires (figure 11) correspondent à une zone ovale bien délimitée avec une paroi hypoéchogène et un contenu hétérogène avec un aspect moucheté (Mahmoud et al., 2022). La présence d'un abcès pulmonaire montre une affection d'évolution chronique, c'est-à-dire une évolution supérieure à 15 jours. La présence d'un abcès pulmonaire augmente la probabilité de mort du veau (Dunn et al., 2018).

## C) LES PERFORMANCES ECHOGRAPHIQUES

### a. *Pertinence clinique de l'échographie*

Les échographies des poumons peuvent permettre de confirmer ou d'exclure la présence d'une maladie pulmonaire chez un veau. Et cela permet de faire plus attention aux veaux qui ont des lésions échographiques avant même qu'ils aient des signes cliniques mais également de prévoir les possibles conséquences. En effet les veaux qui présentent une consolidation pulmonaire supérieure à un cm<sup>2</sup> ont un GMQ (Gain Moyen Quotidien) inférieur à celui des veaux sans consolidation (Cramer and Ollivett, 2019). La croissance est plus faible avant le sevrage avec des lésions de consolidation même en absence de signes cliniques. Et il y a d'autres conséquences à plus long terme comme la diminution de production laitière lors de la première lactation (Dunn et al., 2018). Toutes ses conséquences ont un effet négatif sur l'économie d'un élevage, c'est pourquoi il faut aussi porter attention aux intérêts économiques de l'utilisation de l'échographie en élevage de veaux pour la détection des bronchopneumonies.



### *b. Les intérêts économiques de l'échographie*

La détection précoce des lésions échographiques peut aider à diminuer les conséquences et de prendre en charge les veaux malades de façon précoce. La prise en charge précoce des veaux malades peut permettre de diminuer la prise en charge thérapeutique, en utilisant moins de traitement et à plus court terme et qu'il soit tout aussi efficace. Et cela peut aider à diminuer les conséquences et donc leur permettre notamment d'avoir une croissance égale à celle d'un veau non malade avec un GMQ égal tout en conservant les mêmes conditions d'élevage et donc être intéressant financièrement pour l'éleveur, qui aurait pu être déficitaire en mettant en place des actions supplémentaires pour que son veau malade atteigne une croissance convenable (Cramer and Ollivett, 2019). Le coût de la réalisation de l'échographie thoracique sera compensé par la diminution du coût de la prise en charge thérapeutique et l'amélioration des conséquences à long terme. En effet si le veau est une femelle et qu'elle a une prise en charge précoce, cela aidera à limiter la baisse de production laitière lors de la première lactation et donc améliorer le revenu de l'éleveur.

### *c. Grille*

Les principales études ayant évaluées les performances diagnostiques de l'échographie pulmonaire sont synthétisées dans le tableau 2.

A l'aide de ce tableau, nous pouvons constater que pour l'échographie pulmonaire, la sensibilité varie de 76% à 94% et la spécificité varie de 90 à 100%. Ainsi, quelle que soit l'étude, environ deux veaux atteints de BPIE sur dix (80%) ne seront pas classés positifs par l'échographie pulmonaire et donc pas détectés comme atteints à l'échographie pulmonaire. À l'inverse, moins d'un veau sur dix présentera des lésions à l'échographie pulmonaire alors qu'il n'est pas atteint de BPIE. C'est pourquoi il est intéressant d'utiliser l'échographie en plus de l'examen clinique.

*Tableau 2 : Etudes réalisées afin d'évaluer la sensibilité et la spécificité de l'échographie thoracique*

<b>Auteurs et année</b>	<b>Population cible</b>	<b>Effectif</b>	<b>Autre méthode évaluée</b>	<b>Sensibilité et Spécificité de l'échographie</b>
<b>(Berman et al., 2022)</b>	Veaux de boucherie	800	Concentration en haptoglobine	- Se 76% IC [42 – 96] - Sp 90% IC [87 – 95]
<b>(Buczinski et al., 2018)</b>	Veaux laitiers pré-sevrés	608	Aucune	- Se : 79,4% IC [66,4 – 90] - Sp : 93,9% IC [88 – 97,6]
<b>(Buczinski et al., 2015)</b>	Veaux laitiers Prim'Holstein pré-sevrés	191 veaux avec prévalence BRD moyenne et élevée	Examen clinique	- Se 79,4 % IC [66,4 – 90,9] - Sp 93,9 % IC [88 – 97,6]
<b>(Ollivett et al., 2015)</b>	Veaux Prim'Holstein	25 veaux âgés entre 1 et 12 semaines	Analyse du liquide de lavage broncho-alvéolaire	- Se 94 % IC [69 - 100] - Sp 100 % IC [64 – 100]

### 3. DIAGNOSTIC A L'AIDE DE LA RADIOGRAPHIE

La radiographie est également utilisable dans des structures de références voir en élevage pour diagnostiquer la bronchopneumonie chez les veaux. Dans une étude de (Berman et al., 2021), il a été démontré que la radiographie était utilisable et avait une sensibilité de 89 % et une spécificité de 58 %, comparé à l'échographie thoracique où ils avaient évalué une sensibilité de 84 % et une spécificité de 74 %. On note que la spécificité de l'échographie est meilleure et une sensibilité équivalente mais la différence de spécificité n'était pas significative.

La radiographie est donc théoriquement utilisable en élevage mais n'est pas utilisée en pratique car les vétérinaires ruraux en itinérance ne possèdent généralement pas d'appareil radiographique transportable alors qu'ils ont maintenant plus souvent un échographe disponible. De plus, la réalisation et l'interprétation d'une échographie thoracique sont plus faciles que celles d'une radiographie au chevet d'un animal du bétail.

Nous avons parcouru les différentes méthodes pour diagnostiquer les bronchopneumonies chez les veaux, l'examen clinique reste la méthode la plus utilisée en élevage mais il est moins sensible que l'échographie pulmonaire comme nous avons pu le voir. Et enfin la radiographie possède une meilleure sensibilité mais pour des raisons pratiques elle n'est pas utilisée en clientèle rurale. Même si l'échographie est la méthode la plus sensible parmi celles utilisables pratique, elle ne permet que de mettre en évidence la présence de lésions pulmonaires. Il existe un grand nombre de lésions pulmonaires différentes avec de nombreuses étiologies et des conséquences variables pour l'animal. L'objectif de la partie suivante est de décrire les différentes lésions, leur étiologie et l'aspect échographique qu'elles peuvent avoir.

## II. LES LÉSIONS PULMONAIRES DES VEAUX : ÉTIOLOGIE, ÉPIDÉMIOLOGIE ET CONSÉQUENCES

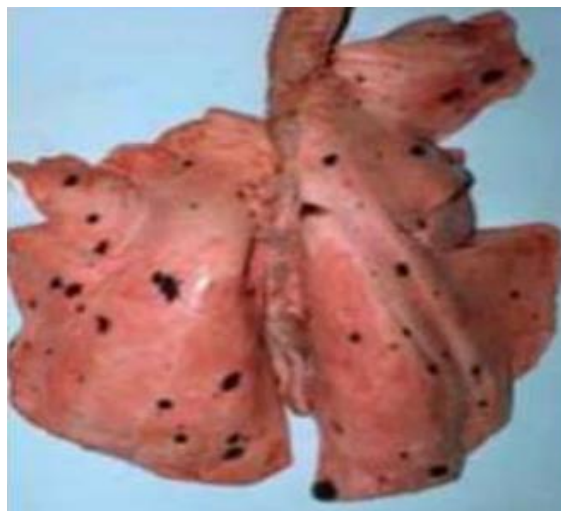
Nous allons voir qu'il y a des lésions associées à des anomalies congénitales, des emphysèmes, des hémorragies, des pneumonies et des atteintes des plèvres.

### 1. LES LÉSIONS ASSOCIÉES À DES ANOMALIES CONGÉNITALES

#### A) LA MELANOSE MACULEUSE

##### a. *Description, étiologie et pathogénie*

La mélanose maculeuse est une lésion du jeune bovin, en effet elle est congénitale et n'apparaît plus sur les abats des bovins adultes. C'est une découverte d'abattoir lors de l'examen post-mortem des veaux (Rabah, 2019). C'est une lésion qui peut apparaître sur différents organes et notamment les poumons. Dans ce cas les poumons apparaissent avec des taches multifocales noires circonscrites (figure 12). Ceci est dû à un trouble de la migration des mélanocytes, les mélanocytes se dirigent dans des organes où ils ne sont normalement pas présents mais il n'y a pas de prolifération cellulaire (Claus D. Buergelt et al., 2017). C'est une lésion rare qui n'entraîne pas de prolifération cellulaire. La seule conséquence de cette lésion est la saisie des abats affectés par cette lésion au moment de l'abattage, en effet l'animal atteint ne présente pas de symptôme et donc aucune conséquence au niveau de l'élevage des bovins.



*Figure 12 : Lésion de mélanose maculeuse chez un veau, (WatreLOT D. VetAgro Sup)*

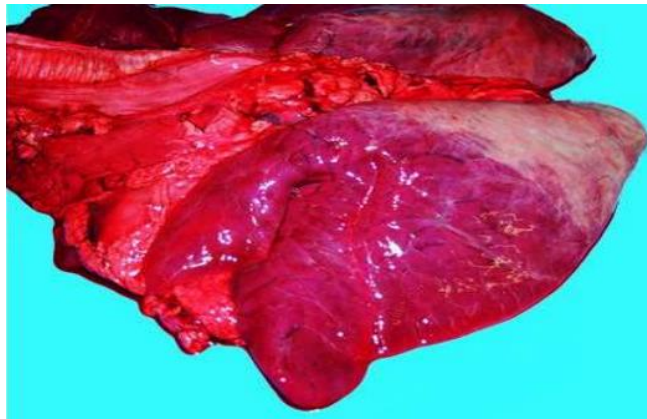
### *b. Les lésions et l'échographie pulmonaire*

La mélanose est une coloration anormale du poumon donc cette lésion n'est pas visible à l'échographie et cela nous importe peu parce qu'elle n'a pas de conséquence sur le fonctionnement de l'appareil respiratoire.

## **B) L'ATELECTASIE**

### *a. Description et prévalence*

L'atélectasie provient d'une perte de volume des poumons et plus particulièrement par expansion inadéquate des alvéoles (Hoda and Cheng, 2017), ce qui entraîne donc un manque d'air dans les poumons. Les poumons atélectasiques sont de couleur rouge sombre avec des zones avec une consistance augmentée (figure 13). Leur caractéristique à l'examen post-mortem est qu'ils coulent dans l'eau alors qu'un poumon sain flotte (Boumediene Salah Eddine and Bouziane Nora, 2019). Dans une étude menée à l'abattoir en 2017 en Éthiopie, sur 563 bovins au total, 96,6 % présentaient des lésions pulmonaires macroscopiques. Les quatre lésions principales étaient l'hydatidose, l'emphysème, la congestion et l'atélectasie : cette dernière représentait 6,4 % des lésions (Zeryehun and Alemu, 2017).



*Figure 13 : Atélectasie pulmonaire congénitale chez un veau mort-né (Maxie, 2015)*

### *b. Etiologie et pathogénie*

L'atélectasie peut être soit congénitale à la suite d'une anomalie sur la qualité du surfactant ou une obstruction des voies respiratoires, soit être acquise. Les atélectasies acquises peuvent être par obstruction de la lumière des bronches par un œdème, une inflammation de la muqueuse, un corps étranger, des parasites, un

bouchon de mucus ou par compression lié à une masse, du liquide ou un pneumothorax (Claus D. Buergelt et al., 2017).

### *c. Conséquences*

Les lésions d'atélectasies peuvent être sans conséquence à long terme si le facteur entraînant la lésion arrête d'exercer son action : par exemple une atélectasie par obstruction due à une inflammation de la muqueuse peut rentrer dans l'ordre à la fin de l'inflammation. Mais si le facteur provoquant l'atélectasie exerce son action de façon durable, de la fibrose se met en place au niveau des parois alvéolaires et les lésions deviennent irréversibles (*Serghini, Nabila et al., 2017*).

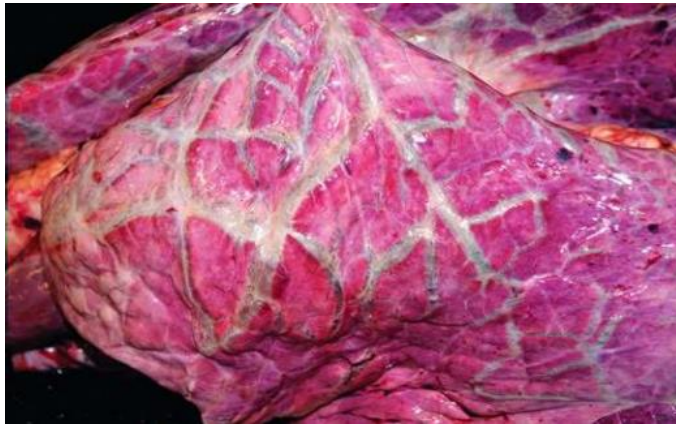
### *d. Les lésions et l'échographie pulmonaire*

Les poumons atteints d'atélectasie ont une perte de volume et donc l'air circule moins facilement et ceci se traduit par des lésions de consolidation à l'échographie thoracique (Babkine and Blond, 2009).

## 2. LES EMPHYSEMES

### *a. Description*

Les emphysèmes pulmonaires des bovins apparaissent à la suite d'un excès d'air présent dans le poumon. Le poumon ayant une lésion d'emphysème pulmonaire (figure 14) est de couleur claire avec des lésions en relief et une consistance crépitante (Boumediene Salah Eddine and Bouziane Nora, 2019). Dans l'étude de Zeryehun and Alemu, réalisée en 2017, l'emphysème était la deuxième lésion la plus fréquente avec 19,2 % des cas (*Zeryehun and Alemu, 2017*).



*Figure 14 : Emphysème pulmonaire sur un poumon de bovin (Maxie, 2015)*

### *b. Etiologie et pathogénie*

Les emphysèmes pulmonaires sont secondaires à une obstruction partielle des voies respiratoires ou à une agonie (Claus D. Buergelt et al., 2017). Il existe deux types d'emphysèmes : l'emphysème interstitiel où l'air en excès se situe dans les cloisons interlobulaires et survient à la suite d'une agonie et l'emphysème alvéolaire où l'air se retrouve piégé dans les alvéoles lors de l'expiration et survient à la suite d'une obstruction partielle des bronches. L'emphysème peut être associé à une autre lésion comme l'atélectasie par exemple, il peut également être secondaire à la perforation du poumon par un corps étranger, à une pneumonie d'origine virale ou un abcès pulmonaire.

Le *BHV-1* (*Bovine Herpes Virus de type 1*) peut être à l'origine d'un emphysème pulmonaire notamment en cas de Rhino-Trachéite Infectieuse (IBR). Le *BHV-1* est un *alpha-herpèsvirus* à ADN et il est enveloppé. C'est un virus latent qui est réexcrété à la faveur d'un stress ou d'un traitement avec des glucocorticoïdes (Muylkens et al., 2007). Il se transmet de manière horizontale par contact direct, léchage, par aérosols avec l'éternuement et la toux et par contact indirect via les vêtements par exemple, il est très contagieux. Il y a également une transmission verticale via le sperme, le transfert d'embryon et une infection in utero en fin de gestation est possible. La forme respiratoire provoque une conjonctivite, une rhinite avec jetage séreux bilatéral en « chandelles » et des ulcérations nasales et une laryngotrachéite avec une toux sèche, quinteuse et des ulcérations buccales, de la dyspnée inspiratoire et du cornage.

Secondairement à l'infection, une bronchopneumonie ou des avortements sont possibles (Raaperi et al., 2014).

### *c. Conséquences*

L'emphysème interstitiel survient à la suite d'une agonie donc elle n'est pas visualisable sur un animal vivant. Concernant l'emphysème alvéolaire, il peut engendrer des lésions peu importantes et donc des conséquences sans gravité sur les capacités respiratoires (Claus D. Buergelt et al., 2017). Il peut également entraîner une destruction des cloisons alvéolaires et engendrer une bulle d'emphysème et un possible pneumothorax si la bulle se rompt (Maxie, 2015).

### *d. Les lésions et l'échographie pulmonaire*

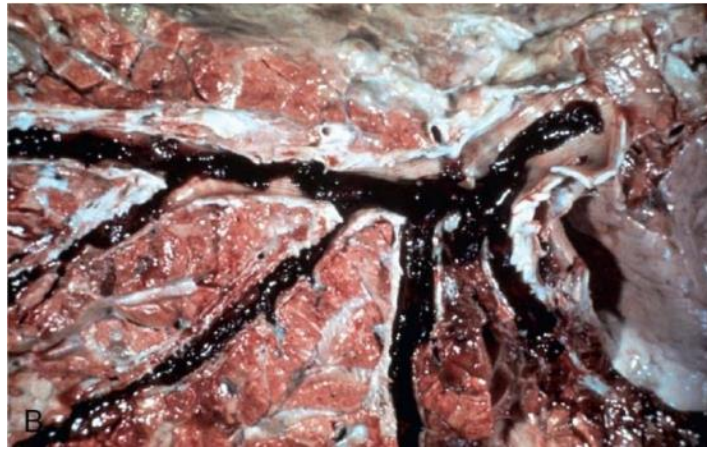
L'emphysème pulmonaire provient d'un excès d'air dans le poumon et se traduit par des bulles de gaz piégées dans les bronches ce qui est visible par des broncho-aérogrammes lors de l'échographie.

## 3. LES HEMORRAGIES

### *a. Description*

A l'autopsie, l'apparence macroscopique des poumons ayant subi une hémorragie pulmonaire montre des poumons de couleur rose pâle et à la dissection nous pouvons constater la présence de tissu gélatineux rouge sombre correspondant à du sang au sein du réseau pulmonaire : dans la trachée, les bronches et autres ramifications (figure 15) (Claus D. Buergelt et al., 2017).





*Figure 15 : Poumon de bovin en coupe montrant une hémorragie pulmonaire (Pathologie basis of veterinary disease, 5ème édition – ZACHARY & MCGAVIN)*

La trachée et les bronches sont remplies de sang ce qui montre la présence d'une hémorragie et dans ce cas elle fait suite à la rupture d'un vaisseau pulmonaire et accompagné d'épistaxis

### *b. Etiologie et pathogénie*

Les hémorragies pulmonaires peuvent avoir des origines multiples, elles peuvent faire suite à un trouble de la coagulation, à un traumatisme, à une coagulation intravasculaire disséminée (CIVD) mais aussi à une thrombo-embolie pulmonaire qui est elle-même secondaire à des emboles issus par exemple, d'une thrombose jugulaire ou d'une thrombose de la veine cave caudale. Une vascularite et une septicémie peuvent également engendrer une hémorragie pulmonaire (Claus D. Buergelt et al., 2017).

### *c. Diagnostic et conséquences*

Lorsqu'une épistaxis bilatérale est présente, cela nous oriente plutôt vers une hémorragie d'origine pulmonaire surtout lors de l'absence d'hémoptysie (Lamain and Richard, 2014). Cependant le diagnostic se fait souvent post-mortem avec la découverte de sang au sein du système respiratoire et d'un thrombus dans la veine cave lors de thrombose de la veine cave caudale à la suite de la rupture d'un abcès hépatique qui est sporadique chez les bovins (Ravary-Plumioën et al., 2022).

#### d. Les lésions et l'échographie pulmonaire

Si l'hémorragie atteint les bronches et que le liquide est en quantité importante, il serait possible de visualiser un épanchement à l'échographie tout en sachant que si l'hémorragie est très importante, l'épanchement pulmonaire sera sûrement une découverte post-mortem.

## 4. LES PNEUMONIES

Les pneumonies (infections du parenchyme pulmonaire causées par une infection virale ou bactérienne) sont la deuxième affection et cause de mortalité chez les veaux laitiers (derrière les gastro-entérites néonatales) (Pancieria and Confer, 2010). Les pneumonies peuvent être de différentes gravités, s'étendant d'une pneumonie subclinique à une pneumonie mortelle et donc engendrer des pertes économiques importantes. La majorité des cas de pneumonies mortelles ne sont pas seulement dues à un agent infectieux mais une combinaison d'un ou plusieurs agents infectieux avec un facteur favorisant tel que le stress par exemple.

### A) LES BRONCHOPNEUMONIES (SUPPUREES ET FIBRINEUSES)

#### a. Description

Les bronchopneumonies commencent dans les bronchioles et petit à petit s'étendent et atteignent les bronches et les alvéoles (Claus D. Buergelt et al., 2017). Elles sont principalement situées dans les lobes crânio-ventraux des poumons car ce sont les lobes les plus proches de la voie d'entrée : en cas de fausse déglutition ou d'infection par voie aérogène. Il y a deux types de bronchopneumonies, les bronchopneumonies fibrineuses et les suppurées.

- Bronchopneumonies fibrineuses

Les bronchopneumonies fibrineuses sont des maladies respiratoires bovines infectieuses ayant souvent pour étiologie *Mannheimia haemolytica*. On observe généralement une propagation centrifuge de l'inflammation des bronchioles aux lobules avoisinants dans les zones cranio-ventrales (Zhang et al., 2020). Dans ce cas, les poumons présentent une consistance augmentée, une couleur rouge foncé, un épaissement des cloisons interlobulaires avec un œdème de celles-ci et une

délimitation visible entre le tissu sain et le tissu atteint (Dorso et al., 2021), (figure 16). Un exsudat principalement composé de fibrine est présent au sein des poumons atteints de bronchopneumonies fibrineuses. Il peut également avoir la présence d'une pleurésie fibrineuse et d'un emphysème.



*Figure 16 : Poumons d'un bovin atteint d'une bronchopneumonie fibrineuse (Pathologie basis of veterinary disease, 5ème édition – ZACHARY & MCGAVIN)*

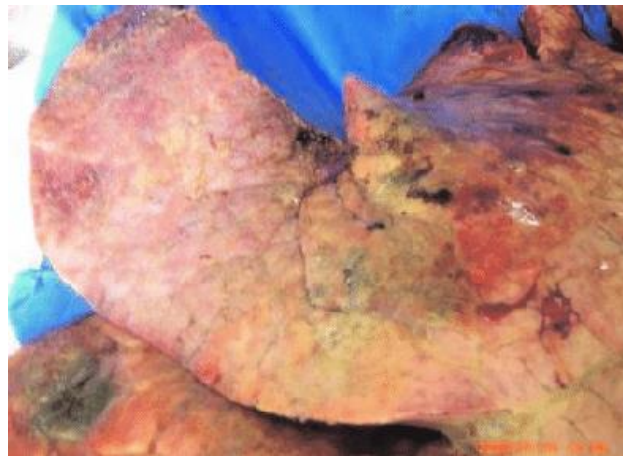
N = bronchopneumonie fibrineuse et \* = zone de pleurésie

- Bronchopneumonies suppurées

Les bronchopneumonies suppurées sont également des maladies respiratoires infectieuses des bovins, souvent associées à une infection par *Pasteurella multocida* ou *Histophilus somni* (Pancieria and Confer, 2010). Comme les bronchopneumonies fibrineuses, elles provoquent majoritairement une consolidation pulmonaire dans la zone cranio-ventrale avec un exsudat, mais cette fois purulent ou muco-purulent. C'est une pneumonie bilatérale avec des lésions centrées sur les bronchioles des lobules. Au tout début, les poumons sont œdémateux et hyperhémiques puis après deux jours post infection, les poumons vont commencer à se consolider avant de finir par excréter un exsudat purulent ou muco-purulent trois à cinq jours après l'infection (Claus D. Buergelt et al., 2017) (figure 17).

Dans le cas de pneumonies aiguës, la couleur des poumons atteints est plutôt rose à rose-gris avec un faible œdème interlobulaire et une consistance plutôt ferme et le reste des lobules non atteints sont de couleur roses à rouge foncés. Quand la pneumonie devient chronique, la consistance devient grumeleuse, on assiste à une

formation d'abcès plus visibles et de la fibrose est omniprésente entre et à l'intérieur des lobules (Pancieria and Confer, 2010).



*Figure 17 : Bronchopneumonie suppurée chez un bovin (Kane et al., 2011)*

### *b. Epidémiologie, prévalence et facteurs de risque*

Les bronchopneumonies sont les plus fréquemment retrouvées avec 42,3 % parmi les maladies respiratoires bovines (Dorso et al., 2021). Ce sont plutôt des maladies collectives et qui touchent principalement les veaux laitiers plutôt que les allaitants. Il y a plusieurs facteurs de risque et qui sont notamment plus présent dans les élevages laitiers avec en premier lieu le stress qui peut être déclenché par la séparation avec la mère, le sevrage, le mélange avec d'autres animaux, le transport, etc. La pneumonie bactérienne se révèle couramment six à dix jours après le stress subi par le veau (Pancieria and Confer, 2010).

### *c. Etiologie et pathogénie*

Les bronchopneumonies peuvent survenir à la suite d'une fausse déglutition mais principalement à la suite d'une infection par des bactéries par voie aérogène. Comme nous l'avons vu précédemment, les bronchopneumonies sont classées en deux types : les bronchopneumonies suppurées et fibrineuses (Schelcher and Valarcher, 1999).

- Bronchopneumonies fibrineuses

Les bronchopneumonies fibrineuses sont principalement provoquées par la bactérie *Mannheimia haemolytica* chez les bovins mais on peut également retrouver *Histophilus somni* comme origine (Claus D. Buergelt et al., 2017).

*Mannheimia haemolytica* est une bactérie appartenant au groupe des *Pasteurellaceae*, qui sont des coccobacilles à Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs. C'est une bactérie commensale de la muqueuse respiratoire et donc un pathogène opportuniste. *Mannheimia haemolytica* est peu résistante dans le milieu extérieur en effet elle est sensible aux agents physico-chimiques tel que la lumière, la chaleur ou le froid. Leur transmission est donc directe via le contact direct entre les animaux (Massol, 2018).

Elle possède des adhésines, permettant d'échapper à la phagocytose, et des facteurs de virulence qui sont les lipopolysaccharides qui sécrètent des endotoxines provoquant des réactions inflammatoires chez l'hôte. Elle provoque des bronchopneumonies fibrineuses accompagnées des signes cliniques suivants : présence de toux, une hyperthermie supérieure à 40°C, une polypnée importante avec des écoulements nasaux purulents (Rice et al., 2007). *Mannheimia haemolytica* est l'agent pathogène le plus souvent détecté (43% des cas) dans les bronchopneumonies fibrineuses des bovins (Murray et al., 2017), une bactériologie aérobie sur gélose au sang et une réaction en chaîne par polymérase (PCR) ont été réalisées sur des échantillons pulmonaires lors de l'inspection post-mortem.

*Histophilus somni* est une bactérie à Gram négatif appartenant également à la famille des *Pasteurellaceae*, non sporulée, elle est anaérobie facultative et commensale des muqueuses respiratoires et génitales (Headley et al., 2018). Elle possède une endotoxine, la LDV (Lactate Déhydrogenase-elevating Virus) et a des autres facteurs de virulence telle que la capacité à former des biofilms, une IgBP (Immunoglobuline BP) et une histamine (Panciera and Confer, 2010). C'est une bactérie sporadique qui touche principalement les veaux âgés de plus de quatre mois (Verdan-Roulet, 2020).

Au départ *Histophilus somni* prolifère localement dans une muqueuse et peut d'ailleurs, être isolée dans les muqueuses des animaux sains. A la faveur d'un stress ou d'une immunosuppression, *Histophilus somni* peut devenir pathologique et

engendrer des bronchopneumonies fibrineuses chez les veaux (Casademunt, 2008). La bactérie peut également aller jusqu'à provoquer une bactériémie et la mort de l'animal notamment dans le cas d'une atteinte neurologique (Verdan-Roulet, 2020). La présence d'*Histophilus somni* dans un élevage est identifiée sous la forme d'un complexe pathologique nommé histophilose (=HSDC). Ce complexe comprend des avortements, des maladies respiratoires et systémiques et des méningo-encéphalites thrombotiques (= TME) mais également des mammites (Headley et al., 2018). Les signes cliniques que nous pouvons constater chez les veaux sont : une hyperthermie fugace à 42°C, un abattement, des signes respiratoires une à deux semaines avant l'apparition des signes neurologiques. Lors d'atteinte neurologique, on observe une ataxie, pouvant aller jusqu'à un animal en décubitus ou en position d'opisthotonos et donner la mort de l'animal en 36 heures (Verdan-Roulet, 2020).

- Bronchopneumonies suppurées

Il y a plusieurs agents pathologiques pouvant être à l'origine des bronchopneumonies suppurées, les principaux sont : *Pasteurella multocida*, *Bordetella bronchiseptica*, *Trueperella pyogenes*, *Streptococcus spp.* et le BRSV (virus respiratoire syncytial bovin) (Tegtmeier et al., 1999).

*Pasteurella multocida* est également une bactérie de la famille des Pasteurellaceae. Elle possède donc les mêmes caractéristiques que *Mannheimia haemolytica*. Elle est également présente dans les muqueuses respiratoires mais aussi génitales. Elle peut être pathogène opportuniste mais également responsable de l'infection primaire. Sa transmission est directe par contact avec la salive et les sécrétions rhino-pharyngée (Cesbron and Lequeux, 2021).

Elle présente des adhésines : des fimbriae de type 4, une capsule pour échapper à la phagocytose et des enzymes lui permettant de se disséminer dans l'organisme. Enfin elle produit des toxines dermo-nécrotiques détruisant les cellules ciliées de la muqueuse respiratoire (Douart, 2002). Elles peuvent provoquer des bronchopneumonies enzootiques mais également des septicémies hémorragiques.

*Trueperella pyogenes* sont des bactéries bâtonnets à Gram positif appartenant au groupe des *Actinomycetaceae*, elles sont anaérobies facultatives, non mobiles et non encapsulées. Elles sont commensales des muqueuses respiratoires supérieures et des muqueuses génitales basses. Dans une étude faite en Chine sur 160 bovins

morts, *Trueperella pyogenes* est l'agent infectieux le plus retrouvé dans les échantillons où elle a été détectée dans 28,75% des cas (Zhou et al., 2023) alors que dans une étude de 2010 réalisée en Amérique du nord, *Trueperella pyogenes* est considéré comme un agent infectieux secondaire (Griffin et al., 2010), c'est pourquoi il ne faut pas négliger le rôle de cette bactérie dans le cas des maladies respiratoires bovines.

Elles possèdent la pyolysine, qui a une action cytotoxique sur un grand nombre de cellules de l'hôte, et des sérines protéases, qui peuvent synthétiser un biofilm, qui jouent le rôle de facteurs de virulence. (Rzewuska et al., 2019)

Chez les bovins, elles provoquent, en association avec d'autres bactéries, des avortements, des métrites, des mammites purulentes et des maladies respiratoires bovines comme les abcès pulmonaires et les pneumonies (Centeno-Martinez et al., 2022).

*Streptococcus spp.* sont des bactéries coques à Gram positif appartenant au groupe des Streptococcaceae, elles sont anaérobies strictes aérotoleérantes ce qui signifie que même en présence d'une faible quantité d'oxygène elles peuvent se multiplier. Elles se transmettent principalement de façon directe. Ce sont des bactéries commensales qui peuvent devenir pathogènes des muqueuses (Canada, 2021).

*Streptococcus spp.* possèdent différents facteurs de virulence tels que des adhésines comme la protéine M, des structures permettant d'éviter la phagocytose : du fibrinogène qui leur permettent de se camoufler, les leucotoxines et elles possèdent une capsule permettant d'être plus difficilement détectable par les anticorps. Elles produisent des enzymes : streptokinase, neuraminidase, hyaluronidase et les DNAses leur permettant d'atteindre leur destination et enfin produisent des toxines lytiques, l'hémolysine et la leucocidine qui participent à la nécrose des tissus et ce qui en fait des bactéries pyogènes (Chen et al., 2021; Fenske et al., 2022).

Chez les bovins, nous pouvons rencontrer *Streptococcus agalactiae*, *S. uberis*, *S. parauberis* et *S. dysgalactiae*. Ils sont pour la plupart du temps responsable de mammites mais il est possible de les retrouver dans le tube digestif et dans le tractus génital féminin et donc provoquer des pneumonies chez les veaux, en effet le veau peut s'infecter s'il est en contact avec la bactérie lors du vêlage (Francis Sérieys, 2003; Keefe, 1997).

Le *BRSV* (*Bovine Respiratory Syncytial Virus*) est un virus de la famille des Pneumoviridae et du genre Orthopneumovirus, c'est un virus à ARN (Acide Ribonucléique), enveloppé (Bowersock et al., 2014). Il est actif surtout en automne-hiver et se transmet rapidement entre les veaux par contacts étroits ou via des aérosols et à un tropisme respiratoire strict (Schreiber et al., 2000).

Ce virus a une action cytolitique sur les cellules épithéliales de l'appareil respiratoire supérieur et profond et il induit une forte réponse inflammatoire et immunitaire exacerbée (Cebon, 2021).

Le *BRSV* agit comme agent infectieux principal ou en association avec d'autres virus ou des bactéries. Il s'agit du virus le plus souvent rencontré lors de bronchopneumonies infectieuses, dans une étude de 2017 réalisée en Irlande sur 136 bovins âgés de six à douze mois, le *BRSV* était présent dans 16% des cas (Murray et al., 2017) et c'est le plus pathogène. Seul, il peut provoquer une pneumonie chez les veaux avec comme symptômes : une forte hyperthermie, un écoulement nasal séreux à mucopurulent et une toux ou un syndrome de détresse respiratoire aigu qui engendre de l'emphysème sous-pleural et interstitiel et la mort brutale de l'animal (Bowersock et al., 2014; Larsen, 2000).

Le *BPIV-3* (*virus parainfluenza bovin 3*) est un virus appartenant à la famille des Paramyxoviridae et les bovins sont probablement le réservoir et il a un tropisme respiratoire (Cebon, 2021). Sa transmission se fait via les aérosols et par contact direct via les mufles et les sécrétions des veaux. Comme pour le *BRSV*, le *BPIV-3* a été retrouvé dans 16% des cas de l'étude faite en 2017, ce qui le place également dans les virus les plus souvent en cause (Murray et al., 2017).

Lors de l'infection, le *BPIV-3* s'attaque aux cellules épithéliales de l'appareil respiratoire, aux macrophages alvéolaires et aux pneumocytes ce qui engendre l'arrêt de l'activité ciliaire et la nécrose de l'épithélium épithélial (Rossi et al., 2013).

Le *BPIV-3* provoque des pneumonies chez les veaux, seuls ou en association avec d'autres agents infectieux, l'infection peut être asymptomatique ou se traduit par de l'hyperthermie et de la toux principalement mais comme pour le *BRSV* nous pouvons également constater une détresse respiratoire, notamment en cas de co-infection (Mehinagic Kemal et al., 2019).



#### *d. Conséquences*

- Bronchopneumonies fibrineuses

Les conséquences d'une atteinte d'une bronchopneumonie fibrineuse peuvent être diverses en fonction de l'agressivité de l'agent pathogène mais aussi en fonction de la précocité de la prise en charge. En effet si l'agent pathogène est peu agressif une résolution de la maladie peut avoir lieu, mais nous pouvons également assister à une suppuration avec la synthèse d'abcès pulmonaires ou de bronchiectasie (dilatation des bronches suite à une infection ou une inflammation), ou à une fibrose intra-alvéolaire et même aller jusqu'à la mort par choc toxémique (Claus D. Buergelt et al., 2017). De plus si l'animal est pris en charge précocement avec un isolement, des AINS (anti-inflammatoires non stéroïdiens) et une antibiothérapie à base de tétracyclines, ses chances de guérison sont élevées (Verdan-Roulet, 2020).

- Bronchopneumonies suppurées

A la suite d'une bronchopneumonie suppurée, il peut avoir résolution complète des lésions et signes cliniques en une à deux semaines si les conditions sont réunies : traitement adapté, conditions environnementales idéales et diminution des facteurs favorisants. Sinon nous assistons à une chronicité de l'infection avec le développement d'inflammation, de fibrose alvéolaire, d'atélectasie, d'abcès pulmonaires, etc. (Claus D. Buergelt et al., 2017). La majorité des bactéries en cause de bronchopneumonies suppurées sont sensibles aux tétracyclines, hormis *Pasteurella multocida* qui présente un nombre croissant de souche résistantes aux tétracyclines mais qui reste sensible aux pénicillines et à la doxycycline. De plus les souches de *Pasteurella multocida* résistantes au florfenicol restent faibles (Assié, 2020). Et concernant les virus, il existe des vaccins qui permettent de réduire l'excrétion nasale des virus rapidement après la vaccination, 10 à 21 jours après administration (Bowersock et al., 2014).

#### *e. Les lésions et l'échographie pulmonaire*

Les bronchopneumonies se traduisent par la présence d'une inflammation importante et de possible œdème, ceci se traduit, à l'échographie, par des images de consolidation et des lignes B. Dans le cas d'une bronchopneumonie fibrineuse il est possible de voir des images de fibrines en suspension si celles-ci se trouvent proches

de la paroi du poumon. Et enfin il est possible de visualiser un abcès dans le cas d'une bronchopneumonie suppurée avancée. Cependant il est impossible de faire la distinction entre un phénomène actif ou passif car la fibrose est également visualisable sous la forme d'une image de consolidation.

## 5. LES PNEUMONIES INTERSTITIELLES

### *a. Description*

Lors de pneumonies interstitielles, la totalité du poumon est atteinte, il est hypertrophié (figure 18) et les trois couches de la paroi alvéolaire sont touchées. A l'autopsie, nous pouvons observer que les côtes laissent leur empreinte sur les poumons (Claus D. Buergelt et al., 2017).



*Figure 18 : Poumon atteint d'une pneumonie interstitielle chez un veau de parc d'engraissement (Pancierà and Confer, 2010)*

Nous trouvons tout d'abord les pneumonies interstitielles aiguës, qui se traduisent, dans un premier temps, par une phase exsudative de quelques jours : les pneumocytes I ou les cellules endothéliales sont lésées ce qui engendre une rupture de la barrière air-sang et enfin l'exsudation des protéines plasmatiques dans la paroi intra-alvéolaire. Nous pouvons également assister à un épaississement de cette paroi engendré par de l'œdème et la présence de PNN (polynucléaires neutrophiles). Puis il y a une phase proliférative caractérisée par une hyperplasie des pneumocytes de type II et modification de l'épithélium pavimenteux qui devient cubique (Breeze et al., 1975).

Ensuite il y a également les pneumonies interstitielles chroniques qui sont présentes lorsqu'il y a persistance de l'agent pathogène. Nous assistons alors à une fibrose des parois inter-alvéolaires, une accumulation de cellules inflammatoires mononucléées

dans l'interstitium et l'hyperplasie des pneumocytes II est toujours présente. La paroi alvéolaire continue de s'épaissir ce qui rend les échanges gazeux de plus en plus limités (Sorden et al., 2000).

### *b. Epidémiologie, prévalence et facteurs de risque*

Les pneumonies interstitielles (infiltration du tissu conjonctif de soutien pulmonaire et des cloisons interlobulaires et intralobulaires) aiguës sont assez fréquentes et les chroniques surviennent généralement plus de 70 jours après le stress de départ. Elles surviennent également à la suite d'une période de stress notamment dû aux conditions d'élevages, suite à une exposition par un virus, ou, au pâturage, lors d'infection par *Dictyocaulus viviparus* (Panciera and Confer, 2010).

### *c. Etiologie et pathogénie*

La pneumonie interstitielle se transmet par voie aérogène et voie hématogène. La voie aérogène via inhalation de gaz toxiques, de fumées ou transmission de virus comme le BPIV-3 que nous avons vu précédemment, le BRSV ou le coronavirus. La voie hématogène est représentée par des lésions de l'endothélium vasculaire, une CIVD ou encore par des toxines absorbées par le tube digestif (Claus D. Buergelt et al., 2017). Les agents bactériens *Pasteurella spp*, et les *mycoplasmes* peuvent également être responsables de pneumonies interstitielles. Dans une étude de 1988, sur 33 bovins atteints de MRB, 15 d'entre eux avaient des lésions de pneumonies interstitielles, et ils ont retrouvé différents agents pathogènes : le *BRSV*, *Pasteurella sp*, et les *mycoplasmes* (Collins et al., 1988).

Le *coronavirus* bovin peut provoquer des pneumonies interstitielles car il possède aussi un tropisme pour le milieu respiratoire et notamment chez les veaux en croissance et joue un rôle plutôt secondaire. C'est un virus appartenant à la famille des Coronaviridae, il possède des spicules autour de son enveloppe, c'est un virus à ARN et qui se réplique dans le cytoplasme (Amoroso Maria Grazia et al., 2020). En plus des MRB, le coronavirus est généralement connu pour causer des diarrhées chez les veaux (Gelinas, 2000).

L'infection par *Dictyocaulus viviparus* provoque la dictyocaulose bovine, également appelée bronchite vermineuse qui est en réalité l'association d'une pneumonie interstitielle et obstructive (Rabah, 2019). *Dictyocaulus viviparus* est un nématode respiratoire majeur chez les bovins qui survient au pâturage. Cette infection a une prévalence élevée, allant jusqu'à toucher 50 à 70% des troupeaux dans certaines régions (Camuset and Chartier, 2012).

Les mycoplasmes représentés par *Mycoplasma bovis* chez les bovins sont peu fréquents (Tegtmeier et al., 1999), c'est une bactérie non capsulée et qui possède des protéines de surface variables (VSP) qui permet d'éviter les réponses immunitaires de l'hôte, un biofilm qui augmente la résistance immunitaire et un peroxyde d'hydrogène engendrant une peroxydation des lipides de l'hôte (Panciera and Confer, 2010).

#### *d. Conséquences*

Les pneumonies interstitielles aiguës sont souvent modérées et une résolution rapide est observée, cependant elles peuvent être sévères et provoquer une insuffisance respiratoire pouvant aller jusqu'à provoquer la mort de l'animal. A la suite d'une infection par *Dictyocaulus viviparus*, la pneumonie interstitielle peut devenir vermineuse: les vers migrent dans les poumons et des zones multifocales d'atélectasie lobulaire peuvent apparaître et également un emphysème, les bronches contiennent alors des nématodes blancs adultes et du mucus mousseux (Panciera and Confer, 2010).

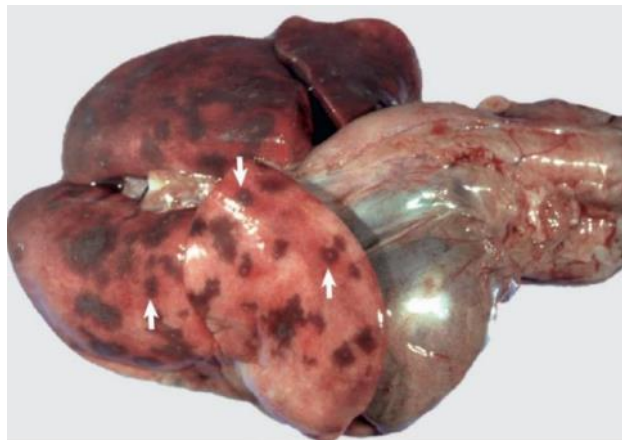
#### *e. Les lésions et l'échographie pulmonaire*

Lors d'une pneumonie interstitielle aiguë, les images échographiques associées seront des lignes B mais lorsque la pneumonie devient chronique nous pourrions visualiser des lésions de consolidation.

## 6. LES PNEUMONIES EMBOLIQUES

### a. Description

Les pneumonies emboliques (obstruction d'une artère pulmonaire par un agrégat solide apporté par la circulation (un embole)) se traduisent sur les poumons par de nombreux foyers inflammatoires disposés aléatoirement dans l'ensemble des lobes pulmonaires et les poumons sont œdémateux (figure 19). Au départ, les lésions sont petites, blanches et entourées d'un halo hémorragique, ce sont des petits foyers d'inflammation et de nécrose qui vont progresser et devenir des abcès et des zones de nécrose plus importantes (Panciera and Confer, 2010).



*Figure 19 : Poumons atteints de pneumonie embolique (Pathologie basis of veterinary disease, 5ème édition – ZACHARY & MCGAVIN)*

### b. Etiologie et pathogénie

Les pneumonies emboliques surviennent à la suite de la dissémination d'embolies septiques à partir d'un foyer primaire dans la circulation sanguine. L'étiologie des pneumonies emboliques est diverse mais il y a toujours une origine bactérienne avec suppuration, cela peut provenir de la rupture d'un abcès hépatique et qui rejoint la veine cave caudale, d'une omphalophlébite, d'une réticulopéricardite traumatique, d'une mammite, d'une endométrite ou encore d'une thrombophlébite jugulaire (Panciera and Confer, 2010). Les agents pathogènes les plus souvent rencontrés sont *Fusobacterium necrophorum* et *Actinomyces pyogenes* mais nous pouvons également trouver *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.* et *E. Coli* (Ikawa et al., 1987).

Ensuite l'infection bactérienne atteint les poumons via les vaisseaux sanguins et plus particulièrement les veines ce qui engendre une thrombophlébite, une thromboembolie pulmonaire, mais aussi des foyers d'inflammation pulmonaire (Pancieria and Confer, 2010).

*Fusobacterium necrophorum* est une bactérie filamenteuse à Gram négatif, non sporulée, anaérobie, qui possède plusieurs facteurs de virulence dont la leucotoxine, l'endotoxine, l'hémolysine et l'adhésine (Tan et al., 1996).

C'est une bactérie commensale des muqueuses du tube digestif des bovins et donc présente dans l'environnement. Elle est fréquemment impliquée dans les affections des onglons des bovins en engendrant la maladie de Mortellaro (Paradis, 2000). Mais cette bactérie peut également provoquer des abcès hépatiques chez les bovins avec un taux d'incidence annuel de 10 à 20%, et engendrer en conséquence des pneumonies emboliques (Bista et al., 2022).

Les *Actinomyces pyogenes* (anciennement *Corynebacterium pyogenes* ou *Trueperella pyogenes*) sont des bactéries à gram positif appartenant à la famille des corynebacteriaceae, sont aéro-anaérobies facultatives ("Trueperella pyogenes - Base Baobab - INRS," 2023).

C'est le deuxième agent pathogène retrouvé après *Fusobacterium necrophorum* dans les abcès hépatiques chez les bovins en parc d'engraissement. Cette étude a permis de montrer que les *actinomyces pyogenes* retrouvés dans les abcès de foie sont les mêmes que ceux prélevés dans la paroi ruminale du bovin malade et donc que les *actinomyces pyogenes* à l'origine des abcès hépatiques proviennent du rumen (Narayanan et al., 1998).

Les *staphylococcus spp.* sont des bactéries à coque à Gram positif appartenant à la famille des *Staphylococcaceae*, non sporulée, immobile et aéro-anaérobie facultatif. Elles possèdent des facteurs de virulence tels que les entérotoxines staphylococciques, produites principalement par *staphylocoques aureus* (*S. aureus*), des protéines de surface : les adhésines et des enzymes (ANSES, 2011).

En élevage laitier les *S. aureus* sont principalement rencontrés lors de mammites subcliniques et donc secondairement ils peuvent engendrer une pneumonie

embolique. Au fil des années les résistances aux antimicrobiens des Staphylocoques augmentent de plus en plus, avec notamment l'émergence de SARM (Staphylocoques résistants à la méticiline multirésistante) qui sont transmissibles à l'humain. Actuellement, ces résistances sont peu développées mais il est quand même nécessaire d'augmenter notre vigilance (Santos et al., 2023).

*Escherichia Coli* est une bactérie sous forme de bacilles, Gram négatif, elles peuvent être mobiles et capsulées mais elles peuvent ne pas l'être également. Elles sont présentes sous de nombreuses formes différentes : différents sérotypes en fonction des antigènes qu'elles possèdent (Van Bost and Mainil, 2003).

*E. Coli* est commensale du tube digestif et sa transmission est plutôt indirecte, on la retrouve souvent dans les fèces ce qui lui permet d'être un marqueur de contamination fécale. Ces bactéries possèdent plusieurs facteurs de virulence tels que le LPS (LipoPolySaccharide) et des toxines, qui diffèrent en fonction du pathovar concerné : par exemple le pathovar ETEC (*E. Coli* entérotoxique) possèdent des adhésines pour s'attacher aux cellules épithéliales de l'intestin grêle et produisent des entérotoxines thermostables STa (Johnson and Nolan, 2009).

*E. Coli* provoque principalement des gastro-entérites néonatales chez les veaux et des mammites chez les bovins adultes, dans ce cas cela serait la mammite bactérienne le point de départ de la pneumonie embolique mais chez un bovin adulte et non un veau (Maingourd and Nicollet, 2010). *E. Coli* provoque également des omphalites chez les veaux et ceci pourrait également être la cause d'une pneumonie embolique si l'infection ombilicale atteint le foie (Sartelet, 2018).

### *c. Conséquences*

Les pneumonies emboliques sont rarement fatales mais lorsqu'elles sont issues d'un foyer septique primaire elles sont le plus souvent fatales en particulier si de nombreux thrombus pulmonaires sont présents ou si d'autres organes sont atteints. Cependant les embolies peuvent altérer les parois des artères pulmonaires et donc engendrer une hémorragie pulmonaire avec une fuite de sang et donc nous pouvons constater une hémoptysie (Pancieria and Confer, 2010).

#### *d. Les lésions et l'échographie pulmonaire*

Les images échographiques associées à une pneumonie embolique seront au départ des lésions de consolidation dues aux foyers d'inflammation puis, en devenant chronique, nous pourrons voir des abcès pulmonaires et une étendue des lésions de consolidation.

## 7. LES LESIONS DES PLEVRES

### A) LE PNEUMOTHORAX

#### *a. Description*

Un animal atteint d'un pneumothorax est un animal qui présente de l'air dans sa cavité thoracique où elle est normalement absente (figure 20). Nous trouvons généralement de l'emphysème sous-cutané en région dorsale ou thoracique, une diminution, à l'auscultation, des bruits respiratoires dorsaux et nous percevons un animal présentant une dyspnée sévère. Chez la majorité des bovins (90%), il y a une absence de communication entre les cavités pleurales donc il est nécessaire et important de déterminer quel côté est touché par le pneumothorax, s'il est unilatéral, avant de réaliser une thoracocentèse qui permettra d'évacuer l'air présent (Sattler, 2002).



*Figure 20 : Radiographie pulmonaire d'un veau atteint d'un pneumothorax (AVMA Publications, 2022)*

Au niveau des faces cranioventrale et caudodorsale : présence d'un effondrement des lobes pulmonaires (flèche blanche)



### *b. Epidémiologie, prévalence et facteurs de risque*

Dans une étude de 2004, le pneumothorax était le plus concomitant à une bronchopneumonie chronique associée au BRSV. Le sexe et l'âge des bovins ne semblaient pas affecter la prévalence des pneumothorax (Slack et al., 2004).

### *c. Etiologie et pathogénie*

Le pneumothorax peut être spontané ce qui signifie que l'air passe des poumons vers la cavité pleurale sans anomalie physiologique associée ou secondaire à une maladie ou à un traumatisme. En effet il peut survenir après un traumatisme extérieur comme un choc traumatique : chez les animaux de compagnie nous le rencontrons souvent à la suite d'un AVP (accident de la voie publique) mais cela est rare chez les bovins. Il est également engendré par une plaie pénétrante au niveau de la paroi thoracique, une rupture de l'œsophage ou à la suite d'une rupture de bulles d'emphysème pulmonaire ou de kystes parasitaires et également à la suite d'une MRB telle que la pleuropneumonie à *Haemophilus somnus* ou *Pasteurella haemolytica* (Claus D. Buergelt et al., 2017; Sattler, 2002).

### *d. Conséquences*

Si le pneumothorax est léger, il peut se résorber seul et donc ne pas engendrer de conséquences pour l'animal cependant s'il est conséquent, il peut déclencher la disparition du vide pleural et donc provoquer le collapsus des poumons ce qui est de mauvais pronostic pour l'animal. En effet ceci déclenche une détresse respiratoire et dans la majorité des cas la mort de l'animal par hypoxie, compression et collapsus des gros vaisseaux cardiaques et thoraciques (Peek et al., 2003).

### *e. Les lésions et l'échographie pulmonaire*

Différentes images échographiques sont visualisables lors d'un pneumothorax, en effet nous pouvons voir des broncho-aérogrammes et des lignes B à la suite de l'emphysème et des lésions de consolidation. La plupart du temps, les images ressembleront à des images normales de poumons avec des artéfacts de réverbération à l'exception de la plèvre viscérale que l'on ne voit plus coulisser sur la plèvre pariétale à chaque mouvement respiratoire.

## B) LES PLEURESIES

### a. *Description*

Les pleurésies pulmonaires (figure 21) sont des lésions inflammatoires des plèvres des poumons, qui peuvent être accompagnées ou non de liquide dans la cavité pleurale. Il peut également avoir des adhérences entre les plèvres et le cœur. Les pleurésies se traduisent généralement par une respiration rapide et superficielle, une douleur au niveau du thorax avec des frottements lors de l'auscultation pulmonaire et de la fièvre (Hunter and Regunath, 2023). En fonction du type d'épanchement, nous distinguons diverses pleurésies : sérofibrineuse, hémorragique, purulente (=pyothorax), virale et bactérienne (ICHER Laetitia, 2016; Orue and Mémary, 1961).



*Figure 21 : Pleurésie et pneumonie caséuse sur des poumons de bovins, (Kane et al., 2011)*

### b. *Epidémiologie, prévalence et facteurs de risque*

Dans une étude de 2011 à l'abattoir de Dakar, réalisée sur 765 poumons de bovins, il y avait 15,51% de pleurésies qui se trouvait en troisième position parmi toutes les lésions pulmonaires et sont souvent en association avec d'autres lésions (Kane et al., 2011). Il faut néanmoins prendre en compte qu'en Afrique il y a la PPCB qui est la pleuropneumonie contagieuse bovine qui peut augmenter la prévalence de la pleurésie par rapport à l'Europe où cette maladie est absente. Les pleurésies sont des maladies plutôt sporadiques et les facteurs de risque principaux que nous pouvons trouver sont tous les facteurs de risque en lien avec les pneumonies que nous avons vu précédemment.

### *c. Etiologie et pathogénie*

La contamination se déroule par voie hématogène et directe via les plaies pénétrantes, ou par l'extension directe d'une pneumonie. La cause est majoritairement bactérienne avec *E. Coli* et *Trueperella spp.* Une RPT peut aussi par la suite provoquer une pleurésie si le corps étranger à l'origine de la RPT perce le diaphragme et une tuberculose peut également engendrer une pleurésie (Belbia and Belaroug, 2011).

### *d. Conséquences*

Les conséquences des pleurésies dépendent de leurs origines mais les traitements utilisés fonctionnent dans certains cas et notamment les antibiotiques en cas d'infections bactériennes. En élevage, les chirurgies pour traiter les pleurésies suppurées sont très rarement mise en place notamment à cause des risques de mauvaises asepties évidents en élevage et à cause de la difficulté de l'acte mais pourtant dans certains cas, des chirurgies ont été réalisées avec succès (Lurier, 2023; Rings, 1995).

### *e. Les lésions et l'échographie pulmonaire*

En fonction du type de pleurésie auquel nous faisons face, les images ne seront pas les mêmes, si une inflammation importante est présente, nous pourrons voir des lésions de consolidation. Si un exsudat est présent, nous pourrons constater un épanchement pleural.

On a décrit toutes les lésions pulmonaires possibles et les images échographiques associées, maintenant nous allons voir les performances de l'échographie en élevage rural pour détecter le syndrome de bronchopneumonie chez les veaux.

Tableau 3 : Bilan des lésions pulmonaires

Lésions	Etiologie	Aspect à l'échographie	Conséquences
Mélanose maculeuse	- Congénitale - Troubles de la migration des mélanocytes	Non visible	Sans conséquence
Atélectasie	- Congénitale (anomalie qualité du surfactant ou obstruction voies respiratoires) - Acquis (obstruction ou compression lumière bronches)	Consolidation pulmonaire	- Guérison - Fibrose des parois alvéolaires
Emphysème	- Obstruction partielle des voies respiratoires (emphysème alvéolaire) - Agonie (emphysème interstitiel) - Associé à une lésion (atélectasie, pneumonie virale (BHV-1), abcès)	Broncho-aérogramme	- Mort - Absence de gravité - Pneumothorax
Hémorragie	- Trouble de la coagulation, - Traumatisme - CIVD, septicémie - Thrombo-embolie pulmonaire	Epanchement pulmonaire	Mort le plus souvent
Broncho-pneumonies suppurées	- Pasteurella multocida, - Bordetella bronchiseptica, - Trueperella pyogenes, - Streptococcus spp. - BRSV, BPIV-3	- Consolidation - Lignes B - Abcès	- Guérison - Fibrose alvéolaire - Atélectasie - Abcès
Broncho-pneumonies fibrineuses	- Mannheimia haemolytica - Histophilus somni	- Consolidation - Lignes B - Fibrines en suspension	- Guérison - Abcès pulmonaire ou bronchiectasie - Fibrose intra-alvéolaire - Mort
Pneumonies interstitielles	- Inhalation gaz toxiques ou de fumées - BPIV-3, BRSV - Coronavirus - CIVD, lésions endothélium vasculaire - Pasteurella spp., Mycoplasmes	- Aigue : lignes B - Chronique : consolidation	- Résolution rapide - Insuffisance respiratoire - Mort
Pneumonies emboliques	- Rupture abcès hépatique - Omphalophlébite - Réticulopéricardite traumatique - Thrombophlébite jugulaire	- Consolidation - Abcès pulmonaire	- Mort - Hémorragie pulmonaire
Pneumothorax	- Traumatisme - Plaie pénétrante - Rupture œsophage - Pleuropneumonie	- Lignes B - Consolidation - Broncho-aérogramme	- Guérison - Collapsus pulmonaire - Mort
Pleurésies	- Plaie pénétrante - Extension d'une pneumonie - E. Coli et Trueperella spp. - RPT - Tuberculose	- Consolidation ou - Epanchement pleural	Guérison

# **PARTIE 2 :**

## **REALISATION D'ECHOGRAPHIES**

### **PULMONAIRES**

Les atteintes respiratoires et en particulier les broncho-pneumonies infectieuses sont des maladies d'importance majeure au sein de l'élevage bovin (Dubrovsky et al., 2019). En effet elles touchent un grand nombre de veaux et engendrent des conséquences économiques immédiates avec les frais de traitement par exemple mais également des conséquences à long terme comme la possibilité d'engendrer une baisse du GMQ par exemple (Lorenz et al., 2011; Stanton et al., 2012).

La prise en charge thérapeutique des broncho-pneumonies est réalisée à l'aide d'antibiotiques qui sont administrés à tous les animaux présentant des signes cliniques, et, lors d'atteinte importante dans l'élevage, qui étaient administrés à l'intégralité des animaux à visée préventive. Cependant, avec l'avènement des deux plans éco-antibio (2012 et 2017), visant à réduire l'utilisation des antibiotiques en élevage et de prévenir le risque de développement de résistances, des bonnes pratiques d'utilisation des antibiotiques ont été promues et l'utilisation d'antibiotiques à visée préventive a été interdite. Le traitement antibiotique des BPIE doit donc être réservé aux animaux réellement atteints de BPIE, ce qui nécessite donc la mise en place de traitement ciblé et sélectif à l'échelle du lot et donc de méthode fiable pour diagnostiquer les BPIE et choisir les animaux à traiter.

Dans la première partie de ce travail, nous avons décrit les moyens utilisables pour diagnostiquer les maladies respiratoires bovines : l'examen clinique, l'échographie pulmonaire et en plus faible proportion la radiographie. Aucune d'entre elles ne permet de déterminer avec certitude si un animal est réellement atteint de BPIE, néanmoins, l'échographie thoracique est plus sensible que l'examen clinique des jeunes bovins. Elle semble donc être un outil intéressant pour la mise en place d'un traitement sélectif pour soigner les atteintes respiratoires des veaux. Cependant l'échographie thoracique ne permet pas de différencier si les lésions détectées sont en cours d'apparition, de

guérison ou si elles sont inactives et présente un cout financier supplémentaire pour l'éleveur. Le rapport cout-bénéfice de l'échographie thoracique est donc incertain et mérite d'être évalué dans des conditions correspondant à l'élevage français.

Les objectifs de cette étude sont d'une part d'évaluer la faisabilité de la mise en place d'un protocole de traitement sélectif basé sur l'échographie thoracique et d'autre part de vérifier si la stratégie de traitement ciblé sélectif basé sur l'échographie en complément de l'examen clinique permet de limiter l'incidence de la maladie par rapport à une stratégie basée sur l'examen clinique seul.

## I. MATERIELS ET METHODES

Le protocole utilisé dans cette étude a été validé par le comité d'Ethique de VetAgro Sup et les éleveurs des veaux ayant accepté de participer à cette étude ont signé un document de consentement éclairé (Annexe 1).

### 1. MATERIELS

#### Les animaux

---

Cette étude a été réalisée dans la clinique vétérinaire de la clinique Delacroix située à Boën-sur-Lignon dans le département de La Loire pendant la période de septembre 2022 à mars 2023.

Dans cette clientèle, l'objectif était d'inclure dans le protocole décrit ci-dessous tous les lots de veaux présentant des signes cliniques compatibles avec une BPIE pendant la période correspondante. Les critères d'inclusion de cette étude étaient :

- Symptômes retenus pour parler de BPIE : présence d'au moins un veau présentant de la toux et des difficultés respiratoires
- De la naissance à quatre mois environ
- Toute taille de lots
- Tous les types d'élevages (laitier et allaitant)
- Accord de l'éleveur pour suivre le protocole.

### 2. METHODES : VISITE, ANALYSE ET TRAITEMENT MIS EN PLACE

Le protocole expérimental s'est déroulé en deux temps : une première visite dite de « diagnostic » pour réaliser les échographies et les examens cliniques et mettre en place le protocole de traitement et une deuxième visite de « control » pour évaluer l'évolution des signes cliniques et des lésions échographiques.

### Déroulé de la visite diagnostic :

---

Lorsqu'un éleveur contactait la clinique vétérinaire Delacroix pour une pathologie respiratoire sur un veau, une visite a été réalisée dans l'élevage avant la mise en place du traitement afin de réaliser sur chaque veau du lot cliniquement atteint :

- une échographie thoracique : un veau était considéré comme positif à l'échographie s'il présentait des lésions de consolidation pulmonaires supérieures à un cm<sup>2</sup> (Cramer and Ollivett, 2019) sur un des lobes échographiés ou s'il présentait une autre lésion tels qu'un bronchoaérogramme, un épanchement, de la fibrine, un abcès ou plus que trois lignes B dans un champ échographique. Vous trouverez le protocole détaillé de l'échographie ci-dessous.

- un examen clinique individuel complet

- une gradation de chacun des signes cliniques sur une grille spécifique des bronchopneumonies chez le veau : le score de Wisconsin (tableau 4). Ce système utilise cinq signes cliniques, le jetage nasal, le jetage oculaire, la toux, la température et la position de la tête et des oreilles. On attribue une note de 0 à 3 à chaque critère et si la somme des cinq scores est supérieure ou égale à 5 alors le veau est considéré comme atteint de bronchopneumonie (McGuirk, 2008).

Tableau 4 : Tableau de score de Wisconsin

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>T°C</b>	37,7 - 38,2°C	38,3 - 38,8	38,9 - 39,4	> 39,5
<b>Toux</b>	Absence	Toux induite seule	Toux répétées ou spontanées	Toux répétées spontanées
<b>Jetage nasal</b>	Normal, séreux	Faible quantité, unilatéral, trouble	Excessif, bilatéral, trouble	Abondant, bilatéral, muco-purulent
<b>Yeux</b>	Normaux	Ecoulement léger	Ecoulement bilatéral	Ecoulement oculaire abondant
<b>Port des oreilles</b>	Normal	Battement léger	Une oreille basse	Inclinaison tête 2 oreilles basses

#### Procédure de la réalisation de l'échographie :

L'ensemble des manipulations a été réalisé par une opératrice en dernière année d'école vétérinaire ayant reçue préalablement une formation théorique et pratique à la réalisation des échographies dispensées par un diplômé du collège européen en gestion de la santé bovine (ECBHM).

Matériel :

Pour les échographies, nous avons utilisé un échographe Easi-Scan de marque IMV composé de sondes linéaires 7 MHz qui sont habituellement utilisées pour l'examen de l'appareil reproducteur des bovins ainsi que des lunettes afin de visualiser l'image échographique.

Contention :



Les veaux étaient soit bloqués aux cornadis afin de faciliter la réalisation de l'échographie, soit contenus par l'éleveur pendant la réalisation de l'échographie. Aucune tranquillisation médicamenteuse n'était prévue et n'a été nécessaire.

Préparation :

Sauf en cas d'impossibilité d'obtenir des images de suffisamment bonne qualité pour visualiser les lignes A, les veaux n'étaient pas tondu et de l'alcool a été utilisé comme liquide de contact. Si les images étaient de trop mauvaises qualités alors l'animal était tondu et du gel échographique était utilisé.

Repères anatomiques :

Au niveau de la limite ventro-crâniale :

- A droite, au niveau de l'EIC 1-2, il y a les artères et veines thoraciques côte à côte
- A gauche, le lobe crâniale gauche : EIC 2, présence du thymus

Au niveau de la limite caudale :

- A droite, nous avons le diaphragme et le foie au niveau du dixième EIC
- A gauche : il y a le diaphragme, la rate et le rumen au niveau du dixième EIC

Réalisation :

La sonde échographique a été placée sur l'aire d'auscultation pulmonaire sur les EIC 1 à 5 à droite et 2 à 4 à gauche. L'étude de Pravettoni et al, faite en 2021 montre que la réalisation d'une échographie thoracique des lobes crâniaux gauche et droit et du lobe moyen droit est suffisante car c'est la localisation principale des lésions dans les lobes crânio-ventraux. Si nous détectons une lésion, elle était identifiée et mesurée dans le cas des consolidations.

## Protocole de traitement ciblé sélectif

---

À l'issue de la visite, un protocole de traitement sélectif a été mis en place selon les modalités suivantes :

- tous les veaux étaient traités à l'aide d'un mélange d'huile essentielle en pour-on afin d'améliorer leur confort respiratoire. Le mélange est composé de COGTat, de niaouli, de pin sylvestre, d'eucalyptus globuleux et d'huile de tournesol.
- les veaux atteints cliniquement (score de la grille Wisconsin supérieur ou égale à 5) étaient traités avec du Zeleris® (florfenicol et méloxicam) à la dose de 40mg de florfenicol/kg de poids vif et 0,5mg de méloxicam/kg de poids vif soit 1 ml/10kg de poids vif en une injection unique sous-cutanée.
- les veaux non atteints cliniquement et sans lésions échographiques ne recevaient aucun autre traitement (en plus des huiles essentielles)
- les veaux non atteints cliniquement et présentant des lésions échographiques étaient randomisés dans deux bras de traitements (une partie sans traitement supplémentaire et une partie traitée à l'aide d'une injection unique de Zeleris®).

Au bout de trois jours après la mise en place du protocole de traitement, l'éleveur était libre de prolonger ou d'initier un nouveau traitement antibiotique sur les veaux qu'il considérait comme cliniquement atteints (ceux qui n'avaient pas répondu au traitement ou qui avaient développé de nouveaux signes cliniques). L'éleveur devait notifier à l'opératrice en charge du projet tous les traitements additionnels réalisés.

## Déroulé de la visite de contrôle :

---

Sept jours après la mise en place du traitement, nous avons réalisé une nouvelle visite avec réalisation sur tous les veaux inclus dans l'étude, d'une nouvelle échographie, d'un examen clinique et d'une gradation des signes cliniques (comme lors de la visite de diagnostic).

À l'issue de cette visite, les veaux étaient considérés comme :

- « sains » : score de Wisconsin inférieur à cinq et absence de lésion échographique,

- « guéris » si le score clinique et/ou les lésions qu'ils présentaient lors de la première visite n'étaient plus présents lors de la deuxième visite,
- « incidents cliniques » s'ils présentaient un score clinique supérieur ou égale à cinq au septième jour alors qu'ils étaient sains lors de la première visite,
- « persistants cliniques » s'ils avaient un score de Wisconsin supérieur ou égal à cinq lors de la première visite et qu'ils l'étaient encore lors de la deuxième visite,
- « incidents lésionnels » s'ils avaient des lésions échographiques lors de la deuxième visite alors qu'ils n'en avaient pas lors de la première,
- « persistants lésionnels » s'ils avaient des lésions échographiques lors des deux visites.

### Analyse des résultats :

---

Les données ont été centralisées dans un tableau Excel, ce tableau a ensuite été utilisé pour faire des figures d'analyse de résultat à l'aide du logiciel R et nous avons également fait des tests statistiques à l'aide du test de Wilcoxon.

## II. RESULTATS

### 1. POPULATION D'ETUDE

La population de veaux inclus dans l'étude était composée de 45 veaux laitiers issus de cinq élevages distincts. Tous les veaux avaient entre un et quatre mois et nous n'avons pas fait de distinction entre les mâles et les femelles. Quatre des cinq élevages étaient des élevages laitiers où les veaux étaient issus des vaches laitières présentes sur l'élevage et ils étaient soit destinés au renouvellement du troupeau pour la majorité des femelles, soit destinés, à plus ou moins long terme, à être abattus pour la viande. Le dernier élevage était un atelier d'engraissement, les lots de veaux sont composés de 20 veaux laitiers provenant de différentes exploitations et sont élevés jusqu'à deux ans environ en taurillons.

## 2. REALISATION DE L'ECHOGRAPHIE

Les veaux étaient tous au cornadis lors de la réalisation des échographies. L'application d'alcool sans tonte était suffisante pour obtenir des images suffisantes pour identifier les lésions. La réalisation de l'échographie me prenait entre cinq et dix minutes par veau.

La réalisation de l'échographie a été compliquée pour certains veaux qui bougeaient malgré leur contention au cornadis, notamment lorsqu'ils étaient pris avec des espaces libres entre eux.

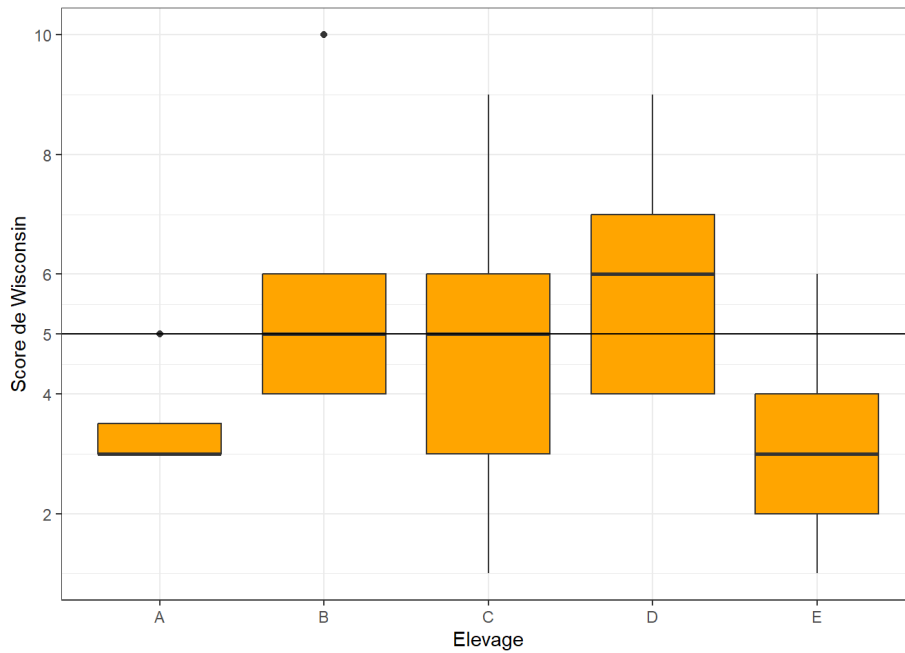
## 3. LES RESULTATS DU JOUR INITIAL DE L'ETUDE (J0)

### *a. Les signes cliniques*

Nous allons tout d'abord observer les tendances qui se dégagent des scores de Wisconsin globaux et donc qui reflètent la présence ou l'absence de broncho-pneumonies chez les veaux.

- Score de Wisconsin par élevage

La distribution des scores de Wisconsin des veaux dans chaque élevage est présentée sous la forme de boxplot dans la figure 22.



*Figure 22 : Box-plot de répartition des scores de Wisconsin au sein de chaque élevage. La ligne pleine noire représente le seuil à partir duquel les veaux étaient considérés comme cliniquement atteints.*

Sur cette figure nous constatons qu’il y a des disparités entre les élevages, concernant les médianes les élevages A et E ont une médiane plutôt basse à trois alors que les autres sont plus élevées, les élevages B et C ont une médiane de cinq pour le score de Wisconsin et pour l’élevage D elle est de six. On constate également une grande disparité au sein de l’élevage C avec le premier décile à zéro et le troisième décile à neuf alors que dans les autres élevages les valeurs de score de Wisconsin sont plus homogènes. On note donc une disparité d’atteinte entre les élevages.

- Proportion de veau par élevage ayant un score de Wisconsin supérieur ou égal à cinq

Comme nous pouvons le voir sur le tableau 5, les élevages A et E présentent une proportion de veaux cliniquement atteints basse avec 25% et 15% des veaux atteints respectivement. Alors que dans les trois autres élevages la proportion de veaux avec un score de Wisconsin supérieur ou égal à cinq oscille entre 55 et 60% ce qui représente plus de la moitié des veaux de chaque lot. En totalité cela représente 16 veaux atteints de MRB sur 45 veaux au total. Et cela nous confirme la tendance que

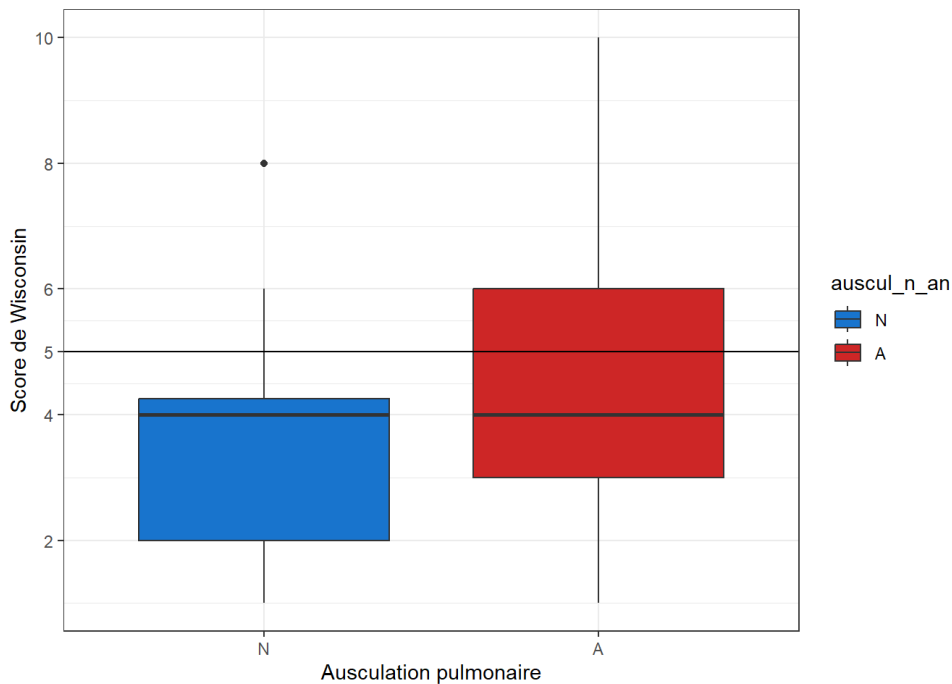
nous avons vu sur la figure précédente, la sévérité d'atteinte des veaux est hétérogène au sein de l'étude et varie en fonction de l'élevage d'où proviennent les veaux.

*Tableau 5 : Proportion de veau par élevage avec un score de Wisconsin supérieur ou égale à 5 à J0*

Elevage	A	B	C	D	E
Nombre de veaux avec score de Wisconsin > 5	1/4 = 25%	3/5 = 60%	6/11 = 55%	3/5 = 60%	3/20 = 15%

- Lien entre auscultation pulmonaire et score de Wisconsin tous élevages confondus

La distribution des scores de Wisconsin des veaux en fonction de la présence ou non d'une anomalie à l'auscultation respiratoire est présentée dans la figure 23.



*Figure 23 : Répartition des scores de Wisconsin en fonction de l'auscultation pulmonaire. La ligne pleine noire représente le seuil à partir duquel les veaux étaient considérés comme cliniquement atteints. Les veaux dont l'auscultation est normale sont colorés en bleu et ceux dont l'auscultation est anormale en rouge.*

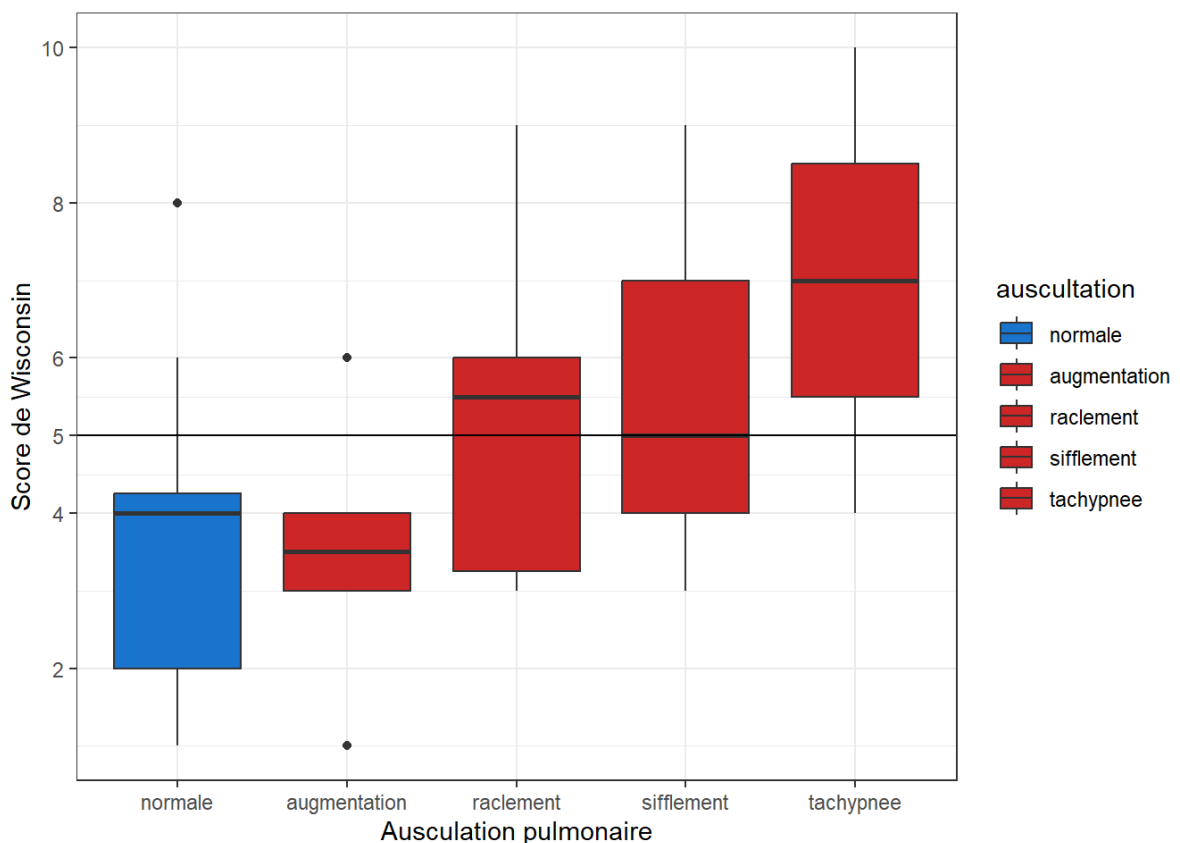
*A = auscultation pulmonaire anormale, N = auscultation pulmonaire sans anomalie*

Nous constatons que les médianes sont les mêmes dans les deux catégories, que ce soit pour l'auscultation avec (A) ou sans anomalie (N) elle est de quatre, ce qui signifie que dans les deux cas il y a 50% des veaux avec un score de Wisconsin supérieur à quatre et 50% des veaux avec un score inférieur à quatre. Cependant la répartition au

sein de ses 50% n'est pas la même, et les 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile des scores de Wisconsin des veaux ayant une auscultation anormale sont supérieurs à ceux des veaux ayant une auscultation normale (respectivement 3 et 6 pour la catégorie A et 2 et 4,5 pour la catégorie N). De même la valeur maximum atteint dix dans la catégorie A contre huit en catégorie N. La distribution des scores de Wisconsin semble donc plus élevée chez les veaux présentant une auscultation pulmonaire anormale néanmoins, cette différence n'est pas significative avec une p-value du test de Wilcoxon égale à 0,05515.

Si on s'intéresse de façon particulière aux discordances entre le score de Wisconsin et l'auscultation respiratoire, 13% des veaux avaient une auscultation normale et un score de Wisconsin supérieur à 5 et 24% des veaux avaient une auscultation anormale et un score inférieur à 5.

La figure 24 nous permet de distinguer les différents bruits anormaux qui ont été entendus au cours de l'étude.



*Figure 24 : box-plot des scores de Wisconsin des veaux en fonction des modifications présentes à l'auscultation respiratoire. La ligne pleine noire représente le seuil à partir duquel les veaux étaient considérés comme cliniquement atteints. Les veaux dont l'auscultation est normale sont colorés en bleu et ceux dont l'auscultation est anormale en rouge.*

Ici, nous pouvons voir qu'en fonction du bruit anormal entendu à l'auscultation pulmonaire les médianes de score de Wisconsin ne sont pas les mêmes. En effet on constate que pour l'augmentation des bruits respiratoires, la médiane est à 3,5 alors qu'elle est de 5 pour le groupe avec les sifflements, de 5,5 pour le groupe avec des raclements et de 7 pour le groupe avec la présence de tachypnée. On observe que le groupe avec la présence d'une augmentation des bruits respiratoires présente une médiane proche mais inférieure au groupe avec auscultation normale et le troisième quartile est également plus petit pour le groupe avec une auscultation des bruits respiratoires par rapport à ceux avec l'auscultation normale. Cependant dans les trois autres groupes, on peut voir que leurs médianes, leurs premiers et troisièmes quartiles sont plus élevés. On constate donc que les veaux ayant une auscultation anormale et en particulier ceux présentant des raclements, des sifflements ou une tachypnée, présentent un score de Wisconsin plus élevé que les veaux ayant une auscultation pulmonaire normale ou une augmentation des bruits respiratoires sans autres anomalies.

Pour les discordances entre le score de Wisconsin et la présence d'une anomalie à l'auscultation respiratoire, elles concernent principalement les veaux ayant une augmentation seule des bruits respiratoires sans bruit sur-ajouté avec 11 % des veaux de cette catégorie ayant un score inférieur à 5. Pour les autres anomalies, les proportions de discordants sont plus faibles avec respectivement 8, 2 et 2 % des veaux ayant un score inférieur à 5 et présentant des raclements, sifflements ou une tachypnée.



### b. Le score de Wisconsin

Ensuite nous allons nous intéresser plus particulièrement à chaque critère du score de Wisconsin. Et pour cela, la figure 25 nous permet de visualiser la répartition des veaux en fonction du score de Wisconsin qu'ils ont obtenu pour chaque critère de la grille de Wisconsin, en différenciant ceux qui sont supérieurs ou égaux à cinq et ceux qui sont inférieurs.

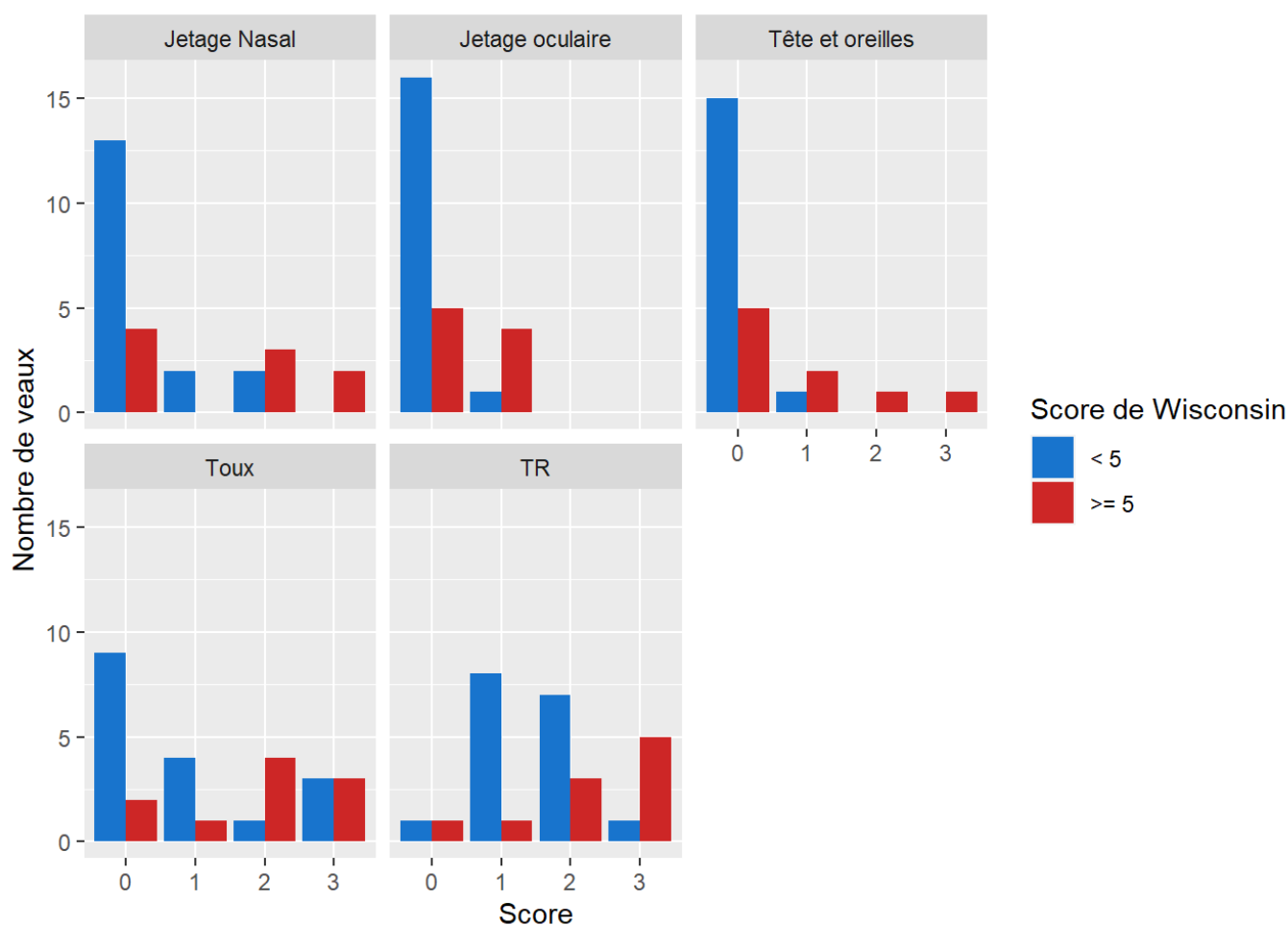
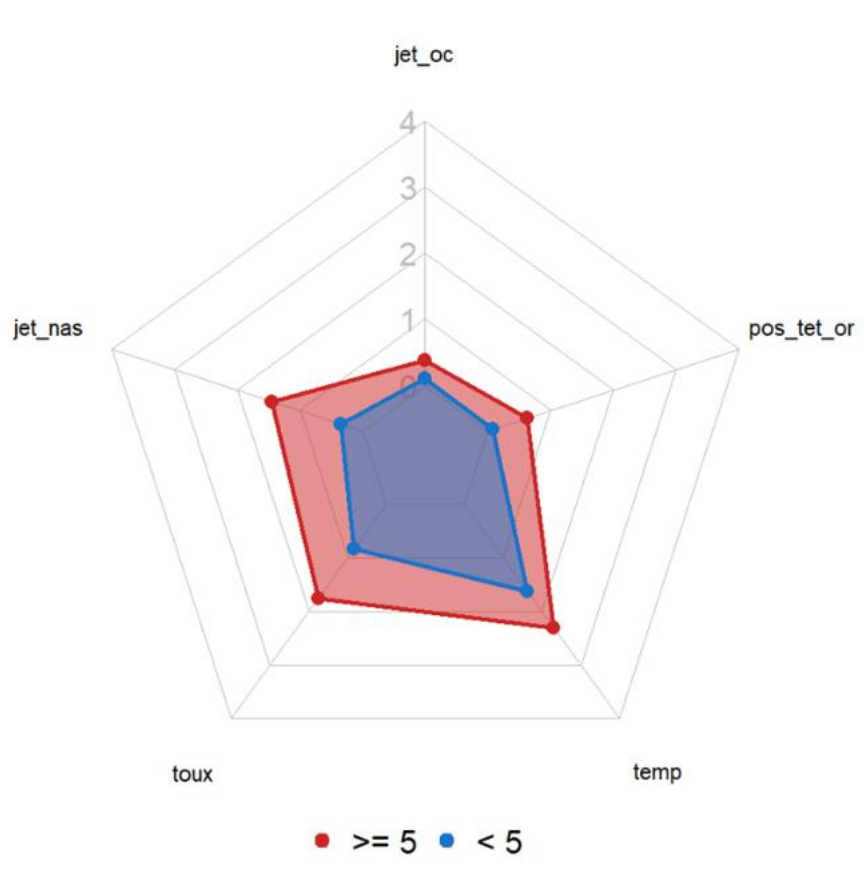


Figure 25 : Diagramme en bâton représentant le nombre de veaux pour chaque critère et pour chaque note attribuée par la grille de Wisconsin, TR = Température rectale. Les veaux dont le score de Wisconsin est supérieur ou égale à 5 sont colorés en rouge et ceux inférieure à 5 sont colorés en bleu

Sur cette figure nous pouvons constater que la majorité des veaux ayant un score de Wisconsin inférieur à cinq, ont un score pour chaque critère de zéro sauf pour le critère de la température rectale où la majorité ont un score de un ou deux correspondants respectivement à une TR de 38,3 à 38,8 et 38,9 à 39,4°C. Pour le critère concernant la présence de la toux, nous constatons que les veaux sont répartis sur les quatre scores. Concernant les veaux atteints de broncho-pneumonie (ayant un score total

supérieur ou égal à cinq), leur répartition est plus homogène dans l'ensemble des critères et sur l'ensemble des notes attribuées sauf pour le critère jetage oculaire où il n'y a aucun veau pour les scores deux et trois.

Puis nous allons voir la répartition des moyennes pour chaque critère du score de Wisconsin en fonction de la catégorie clinique des veaux (figure 26).



*Figure 26 : Radar plot des moyennes de chaque item du score de Wisconsin en fonction de la catégorie clinique des veaux (veaux avec un score de Wisconsin supérieur ou égal à 5 en rouge, ceux inférieurs à 5 en bleu)*

Quand on s'intéresse à la moyenne de chacun des items du score de Wisconsin en fonction du statut clinique des veaux, on s'aperçoit que les items pour lesquels la moyenne est la plus différente sont les items jetage nasal et toux alors que ceux dont les moyennes sont les moins différentes entre les deux groupes sont la position de la tête et des oreilles et la présence d'un jetage oculaire.

L'ensemble de ces figures nous montre que les critères utilisés dans la grille de notation de Wisconsin semblent concordants entre eux. Cependant, pour la température rectale, nous constatons qu'il n'y a que très peu de veaux ayant un score égal à 0 même chez les individus sains. Par ailleurs, ce sont principalement la présence d'un jetage nasal et/ou d'une toux qui permettent de différencier les veaux ayant un score inférieur ou supérieur à 5.

### c. L'échographie pulmonaire

Par la suite, nous allons nous intéresser aux résultats des échographies pulmonaires réalisées au premier jour de visite sur l'ensemble des veaux.

- o Proportion de veaux avec des lésions échographiques par élevage et par type de lésions

Nous allons commencer par nous intéresser à la proportion de veaux qui présentent chaque type de lésion échographique, trié par élevage. Étant donné qu'aucun veau n'a présenté de lésion du type « épanchement », « fibrine », et « abcès », seules les lésions observées, à savoir « consolidation », « lignes B » ou « broncho-aérogamme » sont présentées dans le tableau 6.

*Tableau 6 : Proportion de veaux avec des lésions échographiques par élevage et par type de lésions à J0*

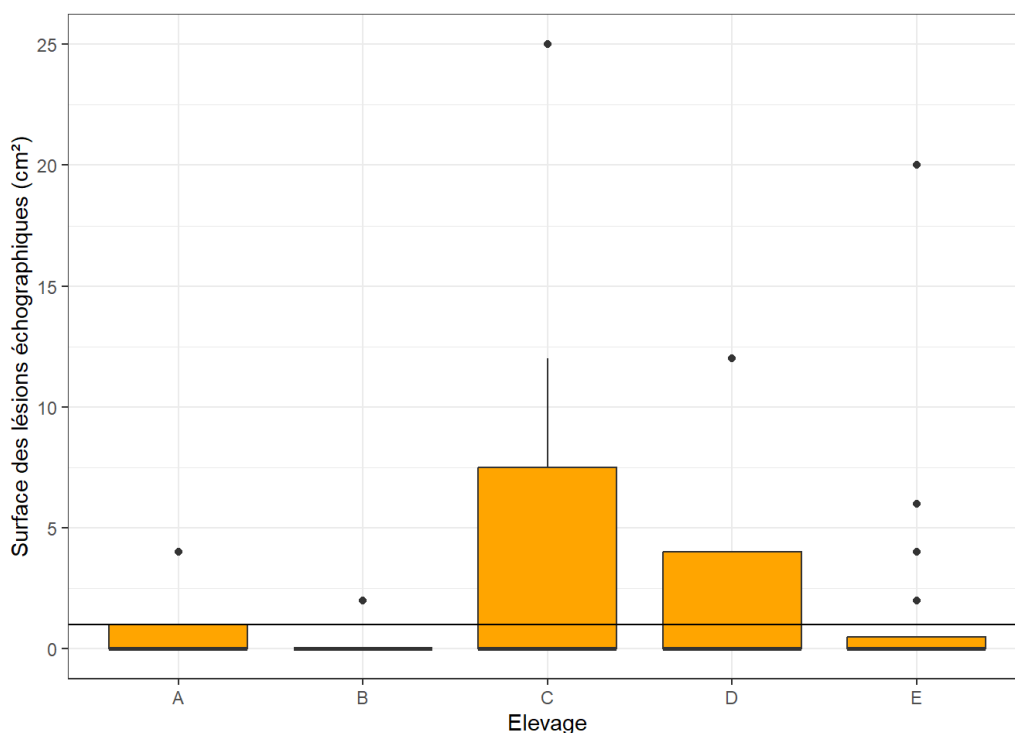
Elevage	A	B	C	D	E
Consolidation	$\frac{1}{4}$ = 25%	$\frac{1}{5}$ = 20%	$\frac{4}{11}$ = 36%	$\frac{2}{5}$ = 40%	$\frac{5}{20}$ = 25%
Lignes B	$\frac{1}{4}$ = 25%	$\frac{2}{5}$ = 40%	$\frac{5}{11}$ = 45%	$\frac{3}{5}$ = 60%	$\frac{2}{20}$ = 10%
Broncho-aérogamme	$\frac{1}{4}$ = 25%	0	0	0	0

Ce tableau nous montre que les broncho-aérogammes ont été détectés sur un seul veau, dans l'élevage A et cela correspond à un veau qui présentait également de la consolidation. Alors que les lésions de consolidation étaient toujours présentes chez au moins un veau dans l'élevage avec au moins 25% des veaux touchés et jusqu'à

40% dans l'élevage D. Pour la présence de plus de trois lignes B, elles touchaient 10% des veaux dans l'élevage E mais atteignaient une proportion de 60% de veaux dans l'élevage D ce qui n'est pas négligeable. La présence de consolidation et la présence de plus de trois lignes B sont, dans notre étude, les lésions échographiques les plus retrouvées.

- Surface de lésions échographiques par veau et par élevage

Ensuite nous allons nous intéresser à la taille des lésions de consolidation par veau et par élevage grâce à la figure 27. Le trait horizontal est placé à 1 cm<sup>2</sup> ce qui correspond au seuil où l'on considère les lésions de consolidation significatives.



*Figure 27 : Box-plot de la distribution des surfaces des lésions échographiques par veau et par élevage. Le trait horizontal plein correspond au seuil minimal (1cm<sup>2</sup>) pour considérer une lésion comme significative.*

Sur cette figure, nous constatons que l'étendue des surfaces de consolidation significative va de 1 à 25 cm<sup>2</sup> par veau. Les résultats ne sont pas tout à fait homogènes dans les cinq élevages mais ceci étant principalement dû à la différence de proportion de veaux ayant des lésions et aussi à cause du faible nombre de veaux par élevage. Dans les élevages A, B et E, il y a uniquement 25% de veaux qui ont des lésions

échographiques, donc forcément leur troisième quartile correspondant à 75% des effectifs est proche de 0. Parmi les veaux qui présentent des lésions supérieures à 1cm<sup>2</sup>, les tailles des lésions de consolidation sont hétérogènes entre les différents élevages et entre les veaux au sein de chaque élevage.

#### *d. Lien entre échographie et signes cliniques*

Enfin nous allons voir s'il y a un lien entre la présence de signes cliniques, ce qui est traduit ici par le score de Wisconsin et les images échographiques des poumons.

- Tableau de contingence entre les lésions échographiques et le score de Wisconsin

Le tableau 7 est un tableau de contingence entre la présence ou l'absence de lésions échographiques et le score de Wisconsin inférieur ou supérieur à 5.

*Tableau 7 : Tableau de contingence entre lésions échographiques et score de Wisconsin*

Score de Wisconsin Lésions échographiques	Inférieur à 5	Supérieur ou égal à 5	TOTAL
Absence	19 = 42 %	5 = 11 %	24 = 53 %
Présence	10 = 22 %	11 = 25 %	21 = 47 %
TOTAL	29 = 64 %	16 = 36 %	45 = 100 %

Nous constatons que 42% des veaux ont un score inférieur à 5 et ne présentent pas de lésions pulmonaires et que 25% des veaux ont des lésions pulmonaires et un score de Wisconsin supérieur ou égal à 5, ces résultats sont cohérents. Cependant il y a 22% des veaux qui ne sont pas considérés comme atteints de MRB (Wisconsin inférieur à 5) mais qui présentent des lésions pulmonaires et 11% qui ne présentent pas de lésions pulmonaires tout en ayant un score de Wisconsin supérieur ou égal à 5 ce qui correspond à une proportion de discordance de 33% entre l'échographie et le score de Wisconsin.

- Score de Wisconsin par élevage, différence entre présence ou non de lésions échographiques

La figure 28 nous montre la différence de répartition des scores de Wisconsin au sein de chaque élevage en fonction de la présence ou de l'absence de lésions échographiques.

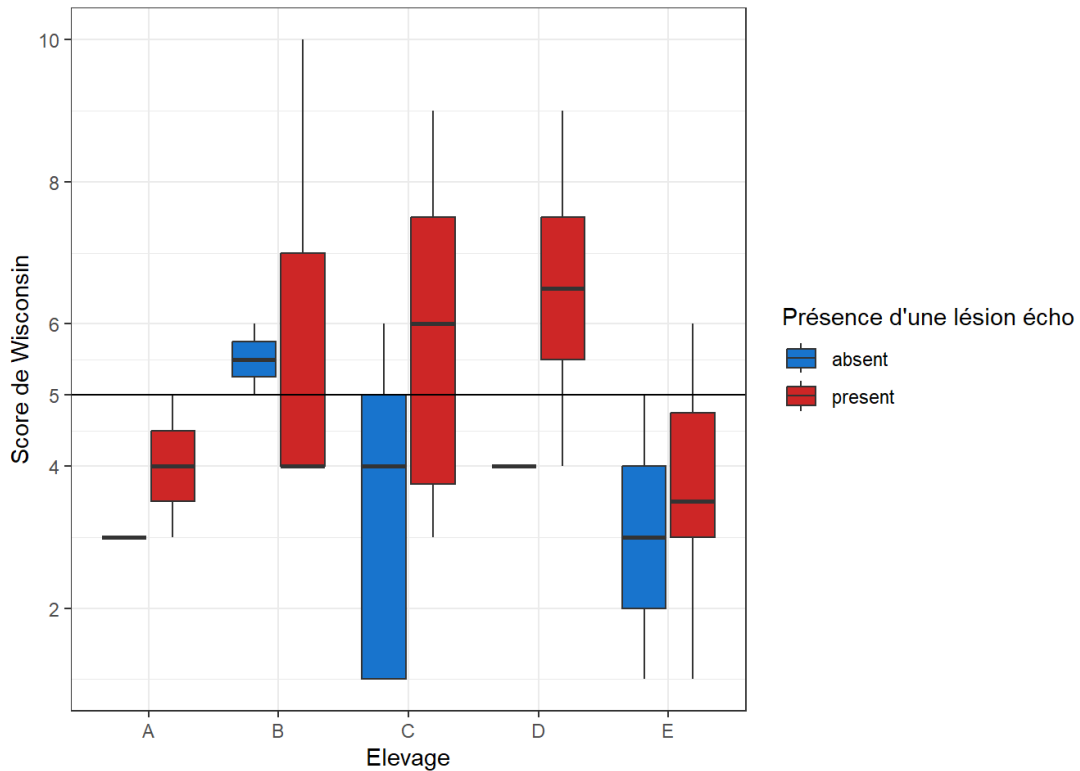


Figure 28 : Box-plot de comparaison des scores de Wisconsin en fonction de la présence ou non de lésions échographiques, par élevage. Le trait horizontal noir correspond au seuil à partir duquel les veaux étaient considérés comme cliniquement atteints.

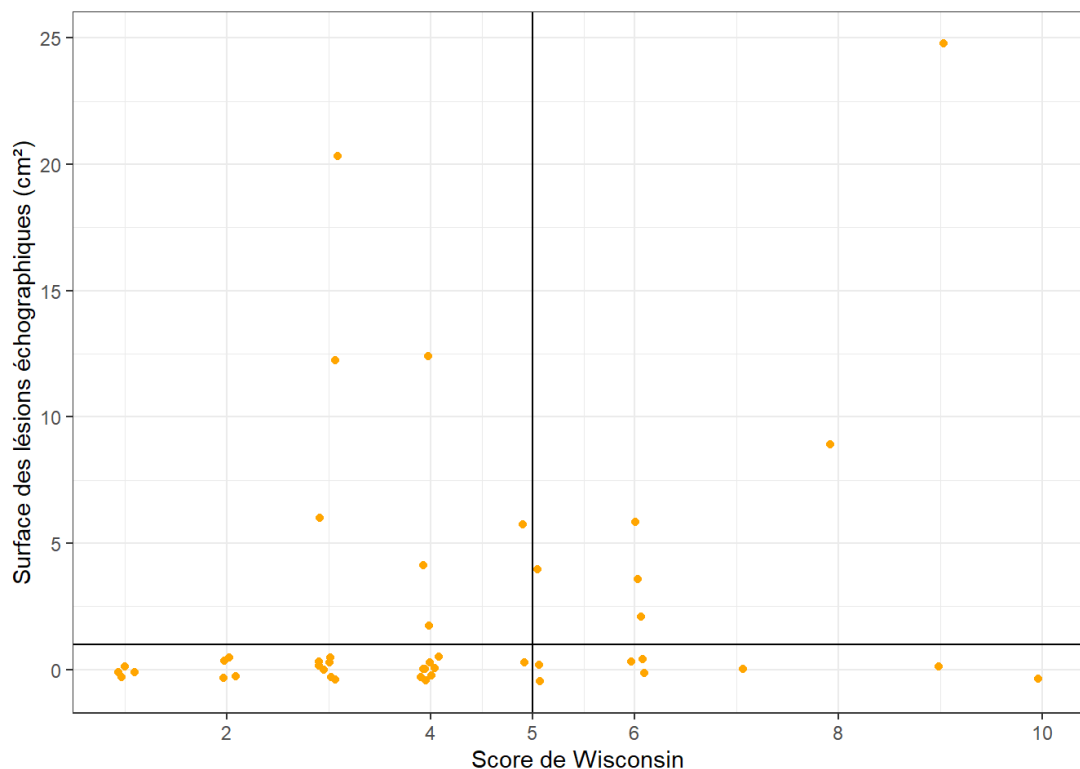
Sur cette figure nous constatons qu'il y a une répartition différente des scores de Wisconsin et de la présence ou non de lésions pulmonaires entre les cinq élevages mais au sein de chaque élevage, toutes les boîtes à moustache des veaux sans lésions pulmonaires ont des valeurs de Wisconsin plus faibles que ceux des veaux avec lésions pulmonaires au sein de chaque élevage. Les élevages A et E ont presque toutes leurs valeurs de Wisconsin inférieures à 5 malgré qu'ils présentent des veaux avec des lésions pulmonaires. L'élevage B possède des veaux avec des scores de Wisconsin supérieurs ou égaux à 5 malgré l'absence de lésion pulmonaire. Et enfin dans les élevages C et D, les résultats de l'échographie et du score de Wisconsin sont concordants car la majorité des veaux ayant des lésions pulmonaires présentent un

score de Wisconsin supérieur ou égal à cinq alors que ceux sans lésion ont des scores de Wisconsin inférieur à 5.

Si nous comparons le groupe de veaux sans lésion pulmonaire et le groupe de veaux avec lésions pulmonaires sans distinction d'élevage, nous constatons que le groupe de veaux sans lésion échographique présente globalement un score de Wisconsin plus faible que les veaux présentant des lésions pulmonaires. En effet dans le premier cas la médiane est de 3,5 pour le score de Wisconsin alors qu'elle est de 5 pour le second groupe. Ici, nous constatons une corrélation entre la présence de lésions échographiques et l'augmentation du score de Wisconsin, cette différence est statistiquement significative (p-value du test de Wilcoxon < 0.05).

- Lien entre la taille des lésions de consolidation et le score de Wisconsin

La figure 29 nous permet de visualiser la position de chaque veau inclus dans l'étude en fonction de son score de Wisconsin et la taille de ses lésions pulmonaires de consolidation qu'il présente.

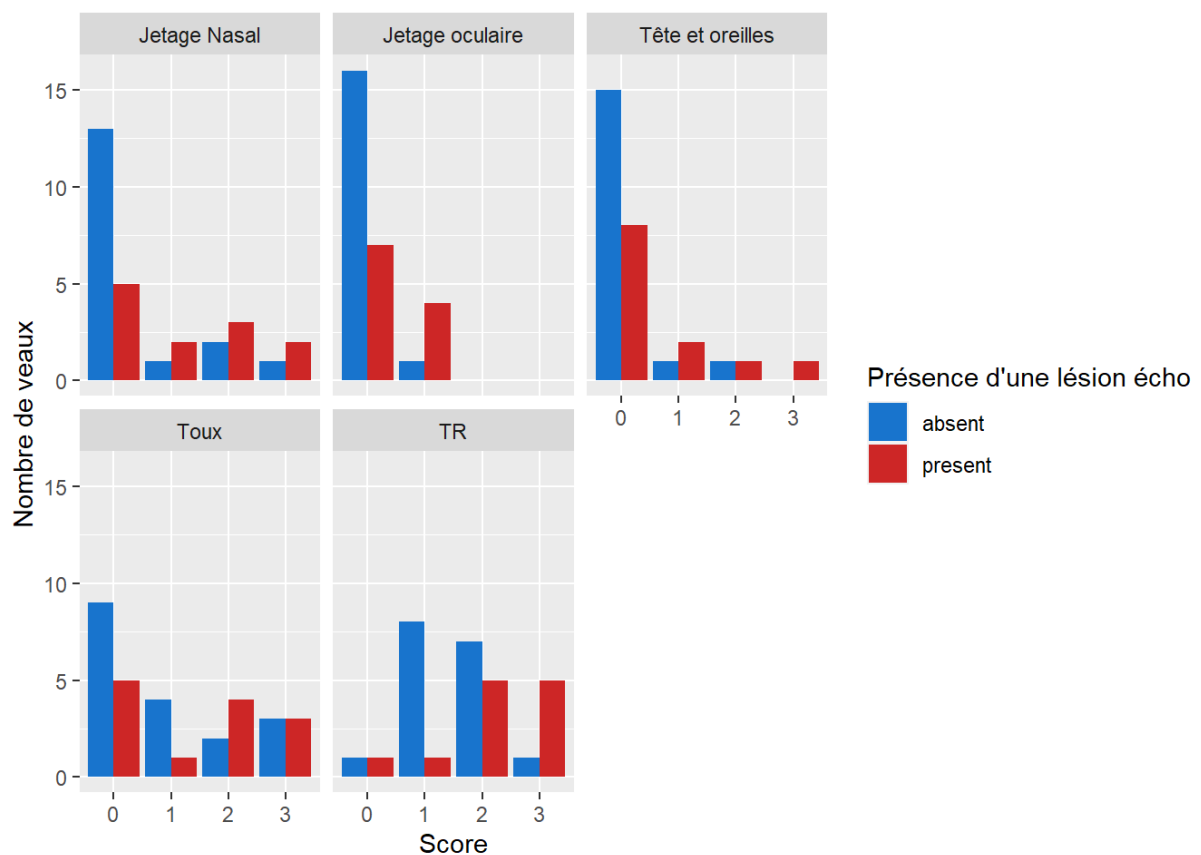


*Figure 29 : Surfaces des lésions échographiques en fonction du score de Wisconsin de chaque veau. Chaque veau est représenté par un point et légèrement sur dispersé avec la fonction « jitter » de ggplot 2 pour visualiser les points superposés. Le trait vertical noir correspond au seuil à partir duquel les veaux étaient considérés comme cliniquement atteints et le trait horizontal noir correspond au seuil minimal (1cm<sup>2</sup>) pour considérer une lésion comme significative.*

Comme nous pouvons le voir, la taille des lésions de consolidation varie de 0 à 25 cm<sup>2</sup> et le score de Wisconsin varie de 0 à 10. Dans ce graphique nous constatons qu'il y a 6 veaux (13 %) qui sont sous la limite du score 5 mais qui présentent des lésions de consolidation plus ou moins importantes. Nous voyons notamment un point avec un score de Wisconsin égal à 3 et des lésions de 20cm<sup>2</sup> et nous voyons l'effet inverse avec 9 veaux (20 %) qui ont des scores de Wisconsin allant de 5 à 10 associés à une absence de lésion. Nous ne constatons pas de tendance nette se dégageant de ce graphique, nous trouvons plusieurs cas possibles, le lien entre la taille des lésions de consolidation et l'augmentation du score de Wisconsin n'est, ici, pas évident.

- Lien entre le score obtenu à chaque critère de Wisconsin et la présence ou non de lésions échographiques

Ensuite nous allons voir grâce à la figure 30 le lien entre la présence ou non de lésions échographiques et la note obtenue à chaque critère de la grille de Wisconsin.

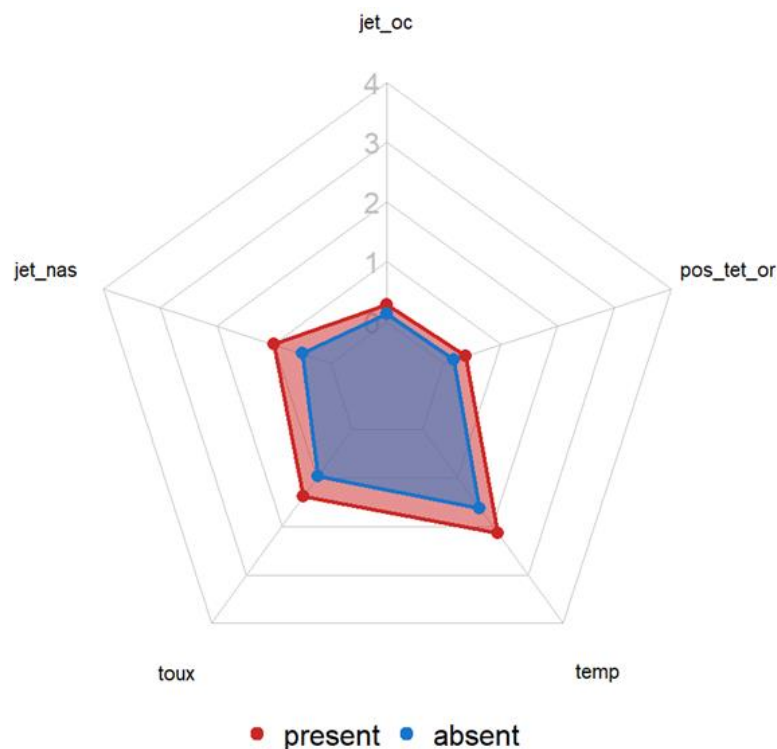


*Figure 30 : Diagramme en bâton représentant le nombre de veaux pour chaque critère et pour chaque note attribuée par la grille de Wisconsin, TR = Température rectale. Les veaux dont le score de Wisconsin est supérieur ou égal à 5 sont colorés en rouge et ceux inférieurs à 5 en bleu.*



Nous constatons la même répartition des veaux sur cette figure que sur la figure 25 qui était basée sur la même représentation mais ne représentait pas la présence ou non de lésions pulmonaires mais le score global de Wisconsin atteint. Ces figures nous montrent donc que les critères utilisés dans la grille de Wisconsin semblent globalement en adéquation avec la présence ou non de lésions pulmonaires mais nous constatons malgré tout que certains veaux ayant des lésions pulmonaires pourraient ne pas être détectés par le score de Wisconsin. En effet, dans le groupe des veaux présentant des lésions pulmonaires à l'échographie nous retrouvons un nombre important de veaux ayant des scores de Wisconsin faible ou nul pour certains critères tel que la position de la tête et des oreilles et de la toux.

Puis nous allons voir la répartition des moyennes pour chaque critère du score de Wisconsin en fonction de la catégorie lésionnelle des veaux (figure 31).



*Figure 31 : Radar plot des moyennes de chaque item du score de Wisconsin en fonction de la catégorie lésionnelle des veaux. Les veaux qui ont des lésions échographiques sont colorés en rouge et ceux qui n'en ont pas en bleu*

Quand on s'intéresse à la moyenne de chacun des items du score de Wisconsin en fonction du statut lésionnel des veaux, on s'aperçoit que les items pour lesquels la moyenne est la plus différente sont les items jetage nasal et toux alors que ceux dont les moyennes sont les moins différentes entre les deux groupes sont la position de la tête et des oreilles et la présence d'un jetage oculaire.

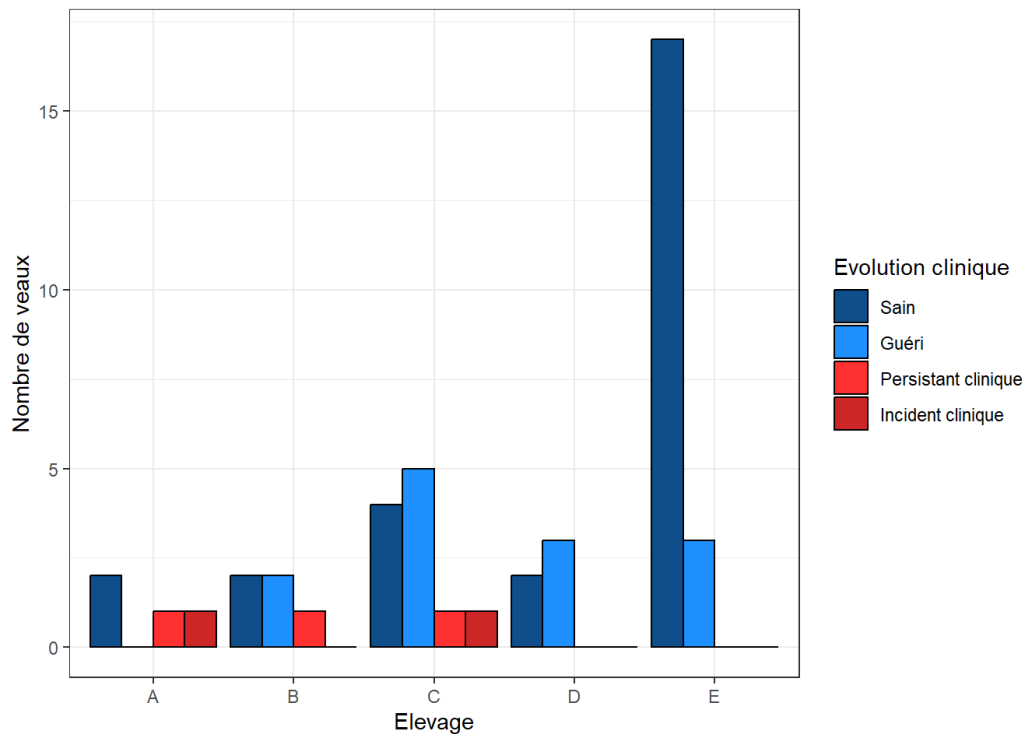
L'ensemble de ces figures nous montre que les critères utilisés dans la grille de notation de Wisconsin semblent concordants entre eux et avec la présence de lésions pulmonaires. Mais nous avons pu également constater qu'il y avait une discordance de 33 % entre les résultats de l'échographie pulmonaire et le score de Wisconsin obtenu, ce qui représente une part importante de veaux qui sont positifs à l'une des méthodes tout en étant négatifs à l'autre, ce qui n'est pas négligeable.

#### 4. EVOLUTION DES RESULTATS SEPT JOURS APRES (J7)

##### *a. Evolution clinique des veaux entre j0 et j7*

Nous allons débuter avec la figure 32 qui nous permet de visualiser l'évolution clinique des veaux entre la première et la deuxième visite en fonction de l'évolution de leur score de Wisconsin. Ici, nous nous basons uniquement sur le score de Wisconsin pour affirmer que le veau est malade (si son score de Wisconsin est supérieur ou égal à cinq) ou non. Chaque type de veau est représenté par différentes couleurs :

- la première colonne représente le nombre de veaux sains à la fois lors de la première et de la deuxième visite (avec un score de Wisconsin inférieur à 5),
- la deuxième colonne représente le nombre de veaux guéris, c'est à dire qu'ils avaient un score  $\geq 5$  lors de la première visite mais qu'ils étaient inférieurs à 5 lors de la deuxième visite
- la troisième colonne représente les veaux persistants cliniques : ceux qui avait un score supérieur ou égal à 5 à la fois lors de la première visite et de la deuxième visite
- la quatrième colonne représente les veaux incidents cliniques : ceux qui avaient un score inférieur à 5 sains lors de la première visite et qui avaient un score supérieur ou égal à 5 lors de la deuxième visite.



*Figure 32 : Diagramme en colonne du nombre de veaux par catégories cliniques, évolution en j0 et j7. Les veaux ayant un score inférieur à 5 à J7 sont colorés en bleu et ceux ayant un score supérieur ou égal à 5 à J7 sont colorés en rouge.*

Le nombre de veau malade lors de la deuxième visite est représenté par l'addition des persistants cliniques et des incidents cliniques.

A la visite de contrôle, seuls 5 des 45 veaux présentaient des symptômes. Ils s'agissaient de trois veaux persistant cliniques qui présentaient déjà des symptômes à J0 (dans les élevages A, B et C) et de deux veaux incidents cliniques qui n'avaient pas un score de Wisconsin supérieur ou égal à 5 à J0 (un dans l'élevage A et un dans le C). Ainsi, la plupart des veaux cliniquement atteints à J0 ont guéri après la mise en place du traitement en particulier dans les élevages D et E où tous les veaux qui avaient un score supérieur à 5 à J0 ont un score <5 à J7.

Dans chaque élevage, on note la présence de veaux sain à la fois à J0 et à J7.

### b. Evolution des lésions entre j0 et j7

Ensuite nous allons étudier l'évolution des lésions échographiques en suivant le même principe qu'avec la figure précédente. La figure 33 nous montre l'évolution des lésions pulmonaires des veaux entre la première et la deuxième visite pour chaque élevage. Ici nous nous sommes intéressés uniquement à la présence ou l'absence de lésions. Dans le même principe, nous allons clarifier la légende :

- la première colonne représente la proportion de veaux ne présentant pas de lésion échographique ni lors de la première ni lors de la deuxième visite,
- la deuxième colonne nous montre la proportion de veaux guéris lésionnels : ce sont les veaux avec des lésions échographiques lors de la première visite mais qui n'en présentaient plus lors de la deuxième visite,
- la troisième colonne reflète les veaux persistants lésionnels : ce sont les veaux qui avaient des lésions échographiques lors des deux visites,
- la quatrième colonne expose les veaux incidents lésionnels : ce sont les veaux qui avaient des lésions lors de la deuxième visite alors qu'ils n'en avaient pas lors de la première.

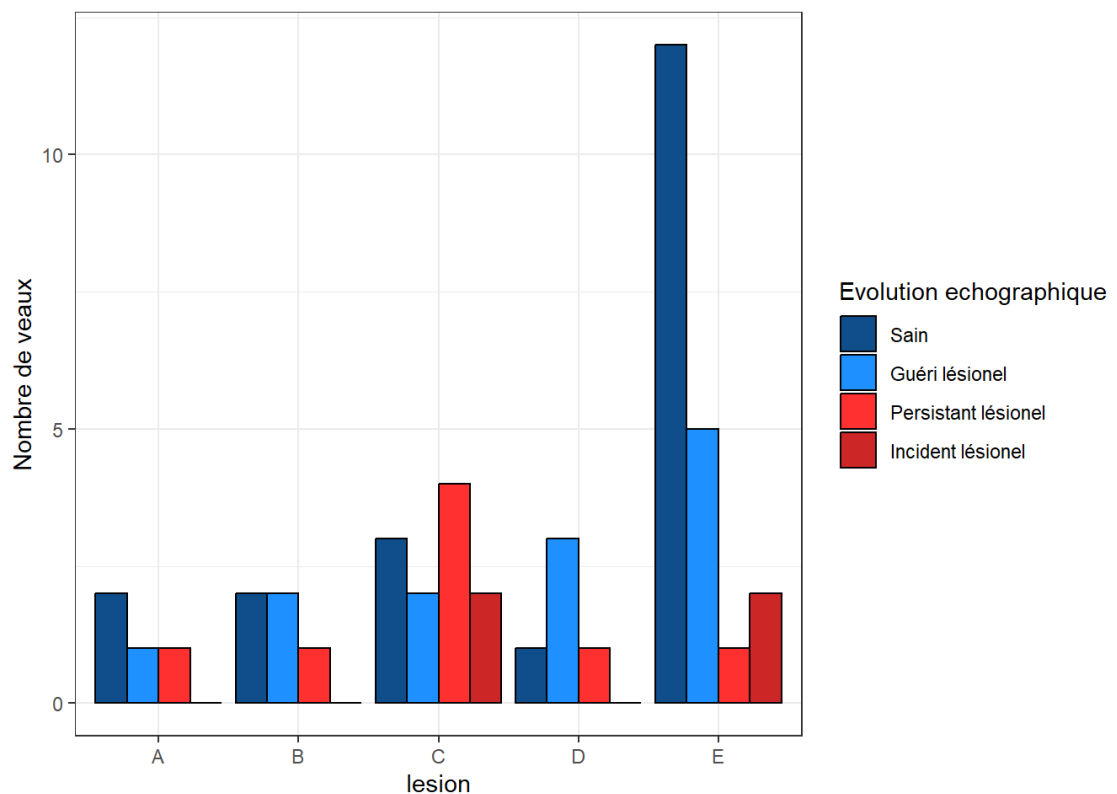


Figure 33 : Diagramme en colonne du nombre de veaux par élevage en fonction de l'évolution des lésions échographiques.

*Les veaux sans lésions à J7 sont colorés en bleu et ceux ayant des lésions à J7 sont colorés en rouge.*

A la visite de contrôle, seuls 12 des 45 veaux présentait des lésions pulmonaires. Ils s'agissaient de huit veaux persistants lésionnels qui présentait déjà des symptômes à J0 (dans tous les élevages, dont quatre dans l'élevage C) et de quatre veaux incidents lésionnels qui n'avaient pas de lésions pulmonaires à J0 (deux dans l'élevage C et deux dans le E). Ainsi, 13 veaux ayant des lésions pulmonaires à J0 ont guéri après la mise en place du traitement sur 26 veaux qui présentait des lésions pulmonaires à J0.

Dans chaque élevage, on note la présence de veaux sains à la fois à J0 et à J7.

## 5. EVOLUTION CLINIQUE ET LESIONNELLE DES VEAUX AVEC LESIONS ECHOGRAPHIQUES MAIS SANS SIGNES CLINIQUES

- Evolution clinique en fonction de la prise en charge

Le tableau 8 nous montre l'évolution clinique des veaux (en fonction de leur score de Wisconsin lors de la deuxième visite) en fonction de s'ils ont reçu ou non un traitement antibiotique et AINS.

*Tableau 8 : Comparaison des incidents cliniques avec et sans traitement antibiotique à J7*

Score de Wisconsin à J7 Traitement reçu à J0	Inférieur à 5	Supérieur ou égale à 5	Total
Antibiotiques (AB)	24	3	27
Absence d'AB	16	2	18
Total	40	5	45

Nous constatons que 27 des 45 veaux inclus dans cette étude ont été traité à l'aide d'un antibiotique. Lors de la deuxième visite, 40 veaux avaient un score de Wisconsin inférieur à 5 ce qui signifie que seulement 5 veaux étaient atteints de MRB lors de la deuxième visite et parmi les cinq, l'un d'entre eux était sain lors de la première visite, les quatre autres avaient un score de Wisconsin supérieur ou égal à cinq et présentait des lésions échographiques.

Concernant les veaux qui présentent encore des signes cliniques à J7 :

- Les trois ayant reçus des antibiotiques étaient atteints cliniquement et présentaient des lésions pulmonaires à J0 et les trois sont restés atteints cliniquement.
- Les deux n'ayant pas reçu d'antibiotiques présentaient des lésions pulmonaires mais pas de signes cliniques à J0 et sont devenus cliniques à J7.

A la fois dans le groupe ayant reçu des antibiotiques et celui n'ayant pas reçu d'antibiotiques, 11% des veaux présentaient des symptômes à J7 (respectivement 3/27 et 2/18), cependant pour le premier groupe, il s'agit majoritairement de veaux qui étaient malades et qui ont guéri (ou pas dans 11% des cas) et de l'autre on a des veaux qui n'étaient majoritairement pas malades et qui le sont devenus dans 11% de cas.

- o Evolution lésionnelle en fonction de la prise en charge

Le tableau 9 nous présente l'évolution des lésions de consolidation des veaux en fonction de s'ils ont reçu ou non un traitement antibiotique et AINS

*Tableau 9 : Comparaison des persistants lésionnels avec et sans traitement antibiotique*

Taille des lésions à J7 Traitement reçu à J0	< 1cm <sup>2</sup>	> 1 cm <sup>2</sup>	Total
AB	21	6	27
Absence d'AB	16	2	18
Total	37	8	45

Parmi ces 27 veaux, 6 présentaient des lésions de consolidation supérieures à 1 cm<sup>2</sup> lors de la deuxième visite, ce qui représente 22% des veaux ayant reçu un traitement antibiotique. Alors que la catégorie sans antibiotique est composée de 18 veaux et seulement 2 présentaient des lésions de consolidation significatives lors de la deuxième visite, représentant 11% des veaux n'ayant pas reçu de traitement antibiotique. Il y a deux veaux qui avaient des lésions échographiques lors de la

première visite et qui n'ont pas reçu de traitement, contre douze veaux qui en avaient lors de la première visite et qui ont reçu un traitement antibiotique et AINS. Lors de la deuxième visite, il y a eu 50% de guérison (2/4) dans le groupe n'ayant pas reçu d'antibiotique contre 67% de guérison (8/12) dans le groupe ayant reçu le traitement. Nous constatons un taux de guérison plus important dans le groupe ayant reçu le traitement antibiotique + AINS mais l'autre groupe est composé d'uniquement de quatre veaux, ce qui est un très faible effectif, en outre, les veaux du groupe ayant reçu des antibiotiques étaient ceux qui présentaient le plus souvent un score de Wisconsin supérieur à 5.

- Evolution globale des veaux

La figure 34, représente l'évolution du statut de chaque veau (tous élevages confondus) entre la première et la seconde visite en fonction de leur score clinique (bleu si  $<5$  et rouge si  $>5$ ), la présence de lésion (hachuré si présence de lésions, non hachuré sinon) et de l'administration ou non d'un antibiotique (encadré en noir si antibiothérapie ou en gris sinon).

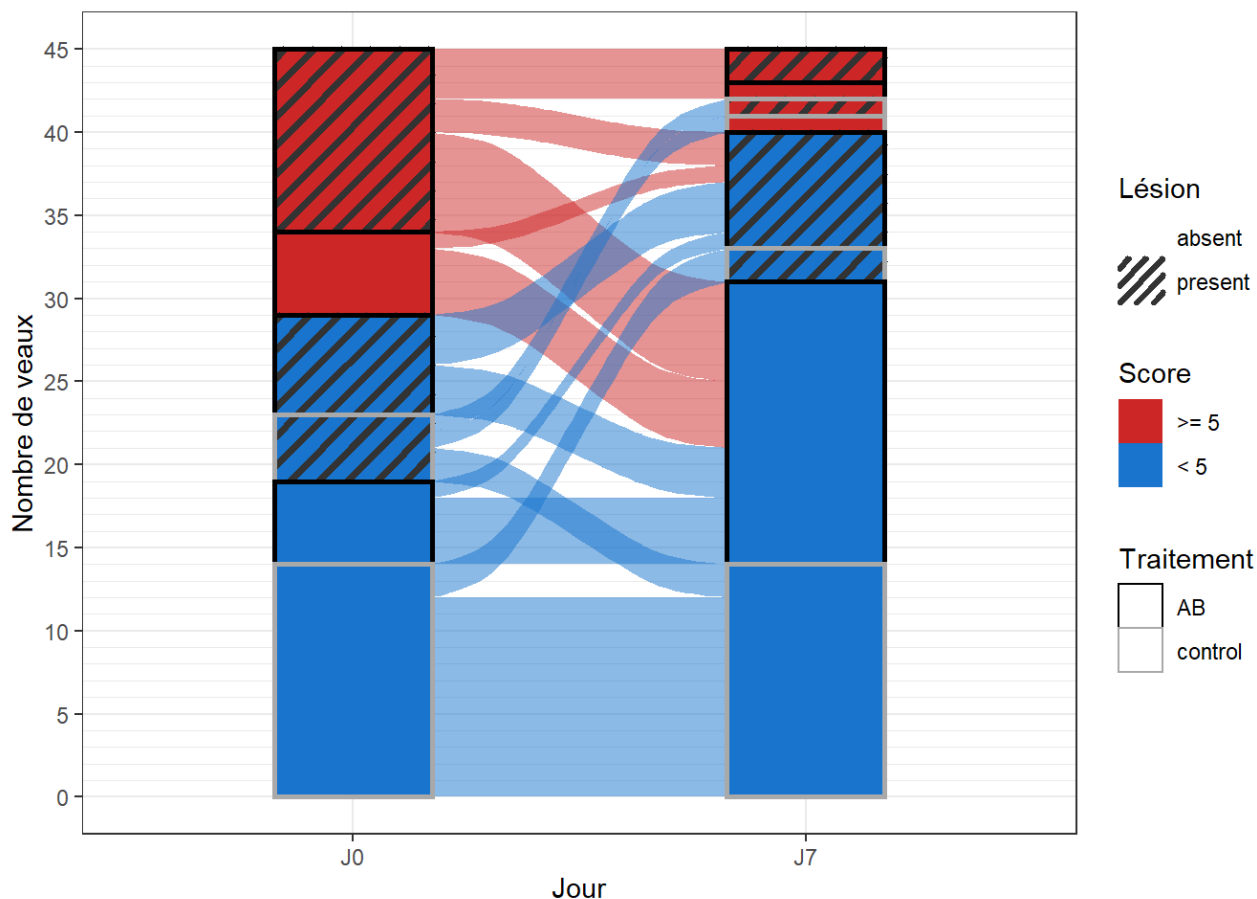


Figure 34 : Diagramme des transitions des veaux inclus dans l'étude coloré en fonction du score de Wisconsin à J0 et J7 (rouge : supérieur ou égale à 5 et bleu : inférieur à 5), hachurée en fonction de la présence de lésion à l'échographie à J0 et J7 et encadré en noire lorsque qu'un traitement antibiotique et AINS a été réalisé à J0 ou en gris si non

Tout d'abord sur cette figure nous confirmons que le nombre de veaux cliniquement atteints de broncho-pneumonie diminue entre la première et la deuxième visite, il passe de 16 à 5 veaux cliniquement atteints (zone rouge). Nous constatons la même évolution pour les lésions pulmonaires, nous passons de 26 à 12 veaux lésionnels (zone hachurées).

Parmi les 27 veaux ayant reçu des antibiotiques :

- 16 veaux étaient atteints cliniquement à J0 et parmi ces 16 veaux, seulement 3 le sont restés à J7. Parmi ces 16 veaux, 11 présentaient des lésions échographiques lors de la première visite, et seulement 4 d'entre eux présentaient toujours des lésions pulmonaires sept jours après. De plus, parmi les cinq veaux sans lésions pulmonaires



mais cliniquement atteint à J0, un seul a nouvellement présenté des lésions pulmonaires lors de la deuxième visite (mais pas de signes cliniques). Finalement, sur les 16 veaux cliniquement atteints à J0, il y a eu 10 veaux guéris cliniquement et sans lésion lors de la seconde visite.

- 6 veaux étaient cliniquement sains au premier jour mais présentaient des lésions pulmonaires. Aucun d'entre eux n'a présenté de score de Wisconsin supérieur à 5 à J7 mais 3 ont présenté des lésions persistantes (les 3 autres n'avaient plus de lésions visualisables à J7).

- 5 veaux étaient sains à J0 mais ils ont quand même reçu des antibiotiques, parmi eux 4 sont restés sains et l'un d'entre eux a présenté des lésions pulmonaires au septième jour. Les éleveurs ont mis en place des antibiotiques après ma visite car ils ont estimé que des signes cliniques apparaissaient.

Il y a eu 18 animaux qui n'ont pas reçu d'antibiotique au cours de l'étude et conformément au protocole de l'étude, aucun d'entre eux ne présentait de score >5 à J0 et uniquement 2 d'entre eux présentaient un score supérieur à 5 à J7. Ces deux veaux étaient des veaux qui présentaient des lésions pulmonaires lors de l'échographie de J0 et qui avaient été randomisés dans le groupe témoin.

Parmi les 18 veaux n'ayant pas reçu d'antibiotique :

- 4 d'entre eux présentaient des lésions pulmonaires à J0 mais ne présentaient pas de signes cliniques. En revanche 2 des 4 veaux ont présenté un score supérieur à 5 à J7 (l'un avec absence de lésion visualisée à l'échographie et l'autre avec une persistance des lésions identifiées à J0).

- Les 14 autres veaux étaient sains (sans lésion et avec un score <5) lors de la première visite, 12 sont restés sains au septième jour et les 2 autres étaient cliniquement sains mais présentaient des lésions pulmonaires lors de la deuxième visite.

Dans cette étude nous avons décidé de traiter aléatoirement les veaux qui étaient cliniquement sains à J0 mais qui présentaient des lésions pulmonaires, 10 veaux étaient concernés. Six d'entre eux ont reçu des antibiotiques, parmi eux, 3 sont devenus sains et les 3 autres sont conservés les lésions pulmonaires sans atteinte

clinique. Les 4 autres n'ont pas reçu de traitement antibiotique, parmi eux, 2 étaient sains à J7 et sans lésion mais les 2 autres sont devenus cliniques, l'un avec persistance des lésions pulmonaires et le deuxième sans lésion pulmonaire. Ces 2 veaux sont les seuls incidents cliniques de notre étude.

Ce que nous pouvons conclure de cette figure est que l'effet global des traitements mis en place dans cette étude est positif avec un nombre de veaux atteints cliniquement et/ou avec des lésions pulmonaires qui a fortement diminué lors de la seconde visite. Il y a eu un total de 60% de guérison chez les veaux ayant reçu un antibiotique. Parmi les 10 veaux présentant des lésions pulmonaires sans signes cliniques et dont le traitement a été randomisé, seulement deux veaux parmi les quatre veaux sans traitement ont présenté des signes cliniques lors de la deuxième visite. Néanmoins, la différence entre les deux proportions n'est pas statistiquement significative ( $p$  value = 0,25).

Lors de la seconde visite, 31% des veaux présentaient des signes cliniques et/ou des lésions pulmonaires, et uniquement 11% des veaux présentaient un score de Wisconsin supérieur ou égal à 5.

### III. DISCUSSION

#### 1. POPULATION BOVINE ET MISE EN PLACE DE L'ETUDE

##### *a. Caractéristiques de la population*

La population de l'étude a été restreinte à la clientèle de la clinique vétérinaire de Boën sur Lignon dans le département de La Loire. Les veaux étaient âgés d'un à quatre mois, de race Montbéliarde ou Prim'Holstein et ils ont été au nombre de 45 inclus dans mon étude. Il n'y a eu aucune distinction faite entre les mâles et les femelles. Quatre des cinq élevages étaient des élevages laitiers de taille moyenne (entre 4 et 11 veaux dans chaque lot) et le dernier était un élevage uniquement engraisseur (20 veaux). Tous les veaux étaient dans des aires paillées. Ces résultats sont probablement extrapolables aux élevages laitiers de taille correspondante (taille moyenne à petite) mais pas forcément aux élevages allaitants ni au centre d'engraissement de veaux qui

sont peu représentés ici et dans lesquels la dynamique d'infection de MRB est potentiellement différente.

En 2018, une étude a été réalisée sur 608 veaux laitiers présevrés et en fonction des élevages il y avait entre 5 et 40 % de jeunes bovins atteints de troubles respiratoires (Buczinski et al., 2018). Dans notre étude, il y a eu 35,5% de veaux atteints de troubles respiratoires (avec un score de Wisconsin supérieur ou égal à 5 et/ou des lésions pulmonaires) mais nous avons des critères d'inclusions différents dans notre étude car tous les sujets entrés dans l'étude sont liés au fait qu'ils appartiennent à un lot de veaux où, au moins l'un d'entre eux présente des signes d'atteintes respiratoires.

#### *b. Les signes cliniques observés et non pris en compte*

Dans cette étude, nous avons utilisé le score de Wisconsin comme table d'évaluation de l'examen clinique. Cette table comprend uniquement cinq éléments cliniques : le jetage nasal, le jetage oculaire, la présence de toux, la température et la position de la tête et des oreilles. Or, d'autres signes peuvent être intéressants à prendre en compte pour une atteinte pulmonaire telle que la qualité de l'auscultation pulmonaire, l'appétit et l'abattement ce qui a pu entraîner un sous diagnostic des veaux cliniquement atteint de MRB. Le choix du score de Wisconsin, pour classer les veaux en atteints ou non, s'appuie sur la littérature scientifique avec de nombreuses études qui ont évaluées et qui utilisent ce score pour le diagnostic de MRB (Berman et al., 2022; Buczinski et al., 2015; Cuevas-Gómez et al., 2021) et il s'inscrit dans la volonté d'utiliser un score facilement et rapidement réalisable, y compris par un éleveur formé à son utilisation.

Dans notre étude, en plus du score de Wisconsin, nous avons réalisé une auscultation pulmonaire mais elle n'a pas été prise en compte pour déterminer si le veau était atteint d'une maladie respiratoire ou non.

Nous avons constaté que le score de Wisconsin moyen était plus important dans le groupe des veaux qui présentaient une auscultation pulmonaire anormale (figure 25), ce qui conforte la corrélation entre le score de Wisconsin et la présence d'une MRB. En revanche, 24 % des veaux présentant une auscultation anormale présentaient un score inférieur à 5 (figure 26), ce qui est en accord avec le manque de sensibilité du score de Wisconsin (sensibilité de 62,4 %, (Buczinski et al., 2015)). Cependant, il s'agissait principalement de veaux avec une augmentation des bruits respiratoires

sans bruit surajouté et sans tachypnée. Il s'agit donc principalement des veaux présentant des modifications mineures de leur auscultation et donc des MRB peu sévères d'un point de vue clinique.

Nous avons observé une disparité entre les élevages, en effet dans les élevages A et E, il y avait respectivement 25 et 15% de veaux atteints (score de Wisconsin supérieur ou égal à cinq) alors que dans les élevages B, C et D il y en avait 60, 55 et 60% ce qui montre une atteinte plus importante au sein du lot. Cette variabilité d'un élevage à l'autre peut être due à des différences dans les conditions d'hébergement ou de la présence ou non des différents facteurs de risque des MRB (nombre de veaux par mètre carré, ventilation, mélange des classes d'âges, hygiène du logement et des récipients pour l'alimentation), de rapidité d'intervention de l'éleveur et du vétérinaire ou encore d'agent pathogène responsable des MRB qui n'a pas été investigué dans notre étude.

Nous avons également pu voir que tous les critères du score de Wisconsin étaient concordants entre eux sauf pour le critère température. Cela pose la question de la pertinence des scores de 1 et 2 de l'item température qui sont respectivement attribués pour des températures comprises entre 38,3 et 38,8°C et entre 38,9 et 39,4°C alors que la température normale d'un veau se situe entre 38 et 39,2°C (Andersson and Jonasson, 1993; GIE Elevage des Pays de la Loire, 2005).

### *c. Les échographies pulmonaires*

Nous avons réalisé une échographie pulmonaire de l'ensemble des veaux inclus dans cette étude au premier jour et au septième jour. Dans la réalisation de l'échographie deux éléments ont pu limiter la qualité des images obtenues : l'absence de tonte et la contention qui n'étaient toujours optimales en particulier lorsque l'éleveur n'était pas présent pour maintenir les veaux et qu'ils n'étaient pas collés les uns aux autres au cornadis. L'absence de tonte n'a pas gêné la visualisation de la plèvre et des lignes A sur l'ensemble des images obtenues et n'a donc probablement pas eu d'impact dans notre étude. Quant à la contention, elle a pu compliquer la visualisation des lésions avec précision mais a principalement eu un impact sur le temps de réalisation de l'échographie qui était parfois plus long sur les veaux non correctement maintenus.

Les lésions les plus souvent retrouvées sont les lésions de consolidation et les lignes B, en effet nous avons détecté un seul bronchoaérogramme et nous n'avons détecté aucun autre type de lésion. Les autres lésions sont donc plus rares lors de MRB chez les veaux et ne doivent pas être recherchées de façon préférentielle pour le diagnostic de cette affection. Néanmoins, notre échantillon d'étude est faible avec 45 veaux dont 26 qui présentaient des lésions, et il n'est pas impossible que ces lésions soient présentes dans de rares cas, dans d'autres contextes d'élevage ou avec d'autres agents infectieux que ceux impliqués dans notre étude... La présence de lésions était plutôt hétérogène entre les différents élevages mais également entre les veaux de chaque lot. En effet dans les élevages A, B, et E, 75 % des veaux ne présentaient pas de lésions alors que dans les élevages C et D il y a avait respectivement 45 et 40 % de veaux avec des lésions, ce qui est légèrement plus élevé. L'étendue des lésions de consolidation allait de 1 à 25 cm<sup>2</sup>, ce qui est très hétérogène également. Ceci n'est pas forcément étonnant sachant que nous ne voyons qu'une partie des lésions (celles qui sont collées contre la paroi) et que les lésions peuvent être anciennes et non actives. Dans notre étude, le lien entre la taille des lésions et le score de Wisconsin n'a pas été mis en évidence. Le faible effectif peut peut-être expliquer ce phénomène, mais aussi le fait que nous ne pouvons pas différencier les bronchopneumonies actives ou passives lors de l'échographie. Cependant, la présence de lésions à l'échographie pulmonaire semble être corrélée avec l'augmentation du score de Wisconsin. C'est pourquoi il ne faut pas forcément tenir compte de la taille des lésions pour préjuger de l'atteinte clinique du veau mais plutôt de leur présence ou non.

Même si les deux méthodes diagnostiques sont globalement concordantes, nous observons malgré tout une discordance de 33% entre les veaux présentant une lésion échographique et les veaux ayant un score de Wisconsin supérieur ou égal à cinq. Ainsi, nous avons eu dix veaux (22 %) qui présentaient des lésions pulmonaires avec un score de Wisconsin inférieur à 5 et cinq veaux (11 %) qui ne présentaient pas de lésions pulmonaires mais avaient un score de Wisconsin supérieur ou égal à 5. Même si l'échographie semble plus sensible, aucune des deux méthodes ne permet de détecter l'intégralité des veaux atteints de BPI et si l'une est utilisée sans la deuxième, nous risquons de ne pas déceler tous les veaux atteints. Ces résultats sont en accord

avec plusieurs études faites en Amérique du Nord sur des veaux laitiers (Berman et al., 2022; Buczinski et al., 2018, 2015; Love et al., 2016).

## 2. LA PRISE EN CHARGE THERAPEUTIQUE

Dans la littérature et selon les recommandations, les antibactériens recommandés pour le traitement des maladies respiratoires bovines sont les antibiotiques de la famille des bêta-lactamines, des tétracyclines, des phénicolés et des macrolides en première intention (Zouagui and Lbacha, 2019). Les traitements sont préconisés en général pour une durée de trois à cinq jours. Mais cela dépend de la spécialité choisie.

### *a. La prise en charge thérapeutique utilisée dans cette étude*

Conformément à ces recommandations, pour notre étude nous avons décidé d'utiliser un antibactérien de la famille des phénicolés, le florfénicol associé à un anti-inflammatoire le méloxicam (nom déposé Zéléris®). Chaque mL du produit contient du 400 mg de florfénicol et 5 mg méloxicam. Ce médicament a une autorisation de mise sur le marché (AMM) détenu par Ceva Santé Animale pour le traitement thérapeutique de broncho-pneumonie infectieuse bovine associée à une hyperthermie. Il est uniquement utilisable par voie sous-cutanée, en une injection unique de 40 mg de florfénicol par kg (kilogramme) de poids vif et 0,5 mg de méloxicam par kg de poids vif (soit 0,1 ml / kg). Il possède un temps d'attente pour la viande et les abats égal à 56 jours. Le Florfénicol est un antibiotique à large spectre qui agit sur la majorité des bactéries Gram positives et Gram négatives et, d'après l'étude pharmacocinétique de l'AMM, des niveaux plasmatiques efficaces sont maintenus pendant 72 heures après l'injection.

Si le traitement ne fonctionnait pas, les éleveurs avaient la possibilité de changer de traitement afin d'essayer une autre famille d'antibactérien mais aucun ne l'a fait.

### *b. Taux de guérison*

Dans notre étude nous avons inclus 45 veaux issus de cinq élevages, dont quatre élevages laitiers et un élevage engraisseur. Au total nous avons détecté 16 veaux qui

étaient atteints cliniquement et 26 veaux qui présentaient des lésions pulmonaires à l'échographie lors de la première visite. Lors de la deuxième visite, sept jours après la première, nous avons constaté qu'il y avait uniquement cinq veaux atteints cliniquement et douze veaux avec des lésions pulmonaires. Ceci représente globalement un taux de guérison clinique de 69 % (11 veaux guéris/16 veaux malades) et un taux de guérison lésionnelle de 54 % (14 veaux sans lésion / 26 veaux avec lésions). Cependant tous les veaux n'ont pas tous été traités de la même manière et il y a eu deux incidents cliniques et deux incidents lésionnels (nouveaux cas) donc en prenant en compte ces résultats nous constatons qu'il y a en réalité 13 veaux guéris sur les 16 malades de la première visite et donc un taux effectif de guérison clinique de 81 % (13/16) et un taux effectif de guérison lésionnel de 62 % (16/26), ce qui sont des résultats très satisfaisants. Étant donné que tous les veaux traités ont reçu un mélange d'AINS et d'antibiotique et que l'intégralité des veaux ont reçu un traitement à base d'huile essentielle en pour-on, il n'est pas possible, dans notre étude de dissocier l'effet des antibiotiques de celui des AINS ou du traitement pour-on à base d'huile essentielle. Le taux de guérison lésionnelle est moins bon que le taux de guérison clinique, ces résultats ne sont pas étonnants parce que si les lésions sont déjà anciennes, elles sont probablement déjà fibrosées et nous n'observerons pas de réaération alors que la maladie a pu guérir.

Les veaux présentant des lésions pulmonaires mais sans signe clinique ont reçu aléatoirement, soit uniquement les huiles essentielles en pour-on (comme l'ensemble des animaux de l'élevage) soit les huiles essentielles et le Zeleris®. Ce groupe (lésions pulmonaires mais sans signe clinique) était composé de 10 veaux. Parmi ces 10 veaux, six ont reçu le traitement antibiotique + AINS, parmi eux trois ont eu des lésions persistantes sans signe clinique et trois ont été totalement guéris. Les quatre autres veaux n'ont pas reçu de traitement antibiotique et AINS, parmi eux, deux ont été totalement guéris, l'un ne présentait plus de lésion pulmonaire mais présentait des signes cliniques et le dernier avait toujours des lésions pulmonaires mais présentait en plus des signes cliniques. Donc sur ces quatre veaux n'ayant pas reçu d'antibiotique et AINS alors qu'ils avaient des lésions pulmonaires, nous avons certes eu 50 % de guérison lésionnelle « spontanée » ou liée au traitement à base d'huile essentielle, mais c'est également dans ce groupe que nous avons observé les deux seuls incidents cliniques de l'étude. Étant donné les faibles effectifs (6/6 et 2/4), notre étude n'est pas

assez puissante pour espérer pouvoir démontrer une différence significative entre les taux de guérison des deux groupes. Cependant cette tendance, si elle était confirmée dans des études de plus grande ampleur, est un élément fort en faveur de l'intérêt de traiter les veaux présentant des lésions échographiques sans signes cliniques lors de la visite initiale dans un lot de veaux présentant des signes de MRB. Outre le faible effectif, l'absence d'insu à la fois de l'éleveur et de l'opérateur réalisant les échographies et examen de contrôle limite la comparabilité des deux groupes. Néanmoins, lors de la visite de contrôle, l'opératrice essayait de rester objective en réalisant l'examen clinique et l'échographie pulmonaire sans vérifier en amont le groupe auquel appartenait le veau et en mesurant des critères objectifs peu sujets à interprétation (grille de Wisconsin et mesure de la taille et du nombre de lésions avec des seuils prédéfini à l'avance). L'absence d'insu de l'opératrice a donc probablement eu un impact limité sur les résultats de notre étude. L'absence d'insu de l'éleveur auraient pu avoir un impact plus important en favorisant la mise en place d'un nouveau traitement antibiotique chez les veaux n'ayant pas été préalablement traité. Dans notre étude cela ne semble pas avoir influencé la décision de l'éleveur car seuls 5 veaux de l'élevage E ont été traités entre J0 et J7.

Il y a trois stratégies de prise en charge possible dans un lot de veaux qui présente une MRB, en effet le premier est de mettre en place le traitement sur tous les veaux du lot, la deuxième est de traiter uniquement les veaux présentant des signes cliniques et la troisième stratégie est de traiter les veaux avec signes cliniques et/ou des lésions pulmonaires. Le premier cas n'est pas intéressant en termes d'utilisation d'antibiotiques et notamment dans le cadre de la législation sur l'antibiorésistance et il est plus cher pour l'éleveur que les autres stratégies. Nous pouvons penser que les chances de succès seraient néanmoins plus élevées car cela permettrait de prévenir la transmission de l'agent infectieux aux veaux non atteints car la plupart des agents infectieux se transmettent par voie orale et les veaux d'un lot sont en contact constant. La deuxième méthode est la méthode la plus couramment utilisée, elle est plus économique pour l'éleveur aux premiers abords (moins d'antibiotiques, pas de frais liés à l'échographie) et permet de respecter la bonne utilisation des antibiotiques. Cependant cette stratégie peut nous faire manquer certains cas et qu'ils empiraient avec le temps sans traitement. C'est pourquoi la troisième méthode faisant recours à



l'échographie nous semble le meilleur rapport gain-bénéfice. En effet l'éleveur aura des frais vétérinaires plus élevés mais cela permettra d'augmenter les probabilités de louper le moins de veaux atteints de MRB possible et donc d'augmenter le succès du traitement sans avoir à utiliser des antibiotiques sur tous les veaux du lot.



## CONCLUSION

Les broncho-pneumonies infectieuses enzootiques sont une des pathologies les plus importantes des veaux au sein des élevages bovins laitiers et engraisseurs. Ce sont des affections qui sont facilement transmissibles entre les individus, d'autant plus dans ces élevages où les veaux sont mélangés dans des lots. Une fois qu'elle s'exprime dans un élevage, la mise en place d'un traitement le plus précocement possible est la clef pour prendre en charge cette affection et limiter l'impact économique de la maladie à court terme (frais vétérinaires et de nursing, voir la perte de l'animal) et à long terme (diminution du GMQ et diminution de la production laitière lors de la première lactation). Dans l'optique de la réduction de l'utilisation des antibiotiques, le traitement métaphylactique de tout un lot de veaux n'est plus possible c'est pourquoi il faut utiliser des méthodes diagnostiques pour identifier les animaux atteints et mettre en place un traitement ciblé et sélectif.

L'examen clinique, première ligne du diagnostic par les vétérinaires, présente une mauvaise sensibilité (71,1%) et une spécificité non parfaite (91,2%). Pour pallier aux limites de l'examen clinique, l'échographie thoracique a été mise au point depuis les années 2004. Cet examen semble à la fois plus sensible et spécifique que l'examen clinique avec des valeurs rapportées de 81,6% et 100% respectivement. De plus, l'échographie thoracique est réalisable au chevet du patient, elle est facile à mettre en place, se réalise assez rapidement (une dizaine de minutes maximum pour un opérateur non expérimenté) et est non invasive.

Notre étude visait à évaluer l'intérêt de l'échographie thoracique dans la mise en place d'un traitement ciblé sélectif des veaux lors d'une épidémie de broncho-pneumonies en élevage bovin. Pour ce faire, nous avons réalisé une étude interventionnelle randomisée sur un effectif total de 45 veaux laitiers issus de quatre élevages laitiers et un élevage engraisseur, tous situés dans le département de La Loire. La principale limite de notre étude est le faible nombre d'élevages inclus qui nous empêche d'atteindre la puissance statistique nécessaire à la réalisation de tests statistiques pertinents. Cependant, dans notre étude, nous avons pu confirmer la meilleure sensibilité de l'échographie thoracique pour détecter les veaux atteints de MRB en constatant la présence de 10 veaux sans signe clinique (score de Wisconsin inférieur

à cinq), mais présentant des lésions pulmonaires à l'échographie lors de notre première visite. Chez ces animaux, la mise en place ou non d'un traitement antibiotique et anti-inflammatoire était randomisée et six veaux ont reçu le traitement. Le traitement a permis d'empêcher la survenue de signes cliniques au cours du suivi chez les six veaux et une réaération pulmonaire chez trois des six veaux. De plus, les deux seuls animaux nouvellement cliniques à J7 parmi l'ensemble des veaux inclus dans l'étude, correspondaient à la moitié des veaux non traités avec des antibiotiques et AINS, du groupe de veaux sans signe clinique, mais avec des lésions pulmonaires à J0.

La stratégie de traitement évaluée ici consistant à traiter avec des antibiotiques tous les veaux présentant des signes cliniques ou présentant des lésions échographiques pulmonaires apparaît comme un compromis intéressant pour limiter l'utilisation d'antibiotiques tout en limitant le nombre d'animaux atteints et non traités. De plus, avec cette stratégie, l'échographie thoracique peut n'être réalisée que sur les animaux sans signe clinique ce qui limite le temps de travail du vétérinaire et donc les frais pour l'éleveur. Cette stratégie devrait être évaluée dans un plus grand nombre d'élevages afin de confirmer les tendances observées dans notre étude, avant d'être déployée sur le terrain.

# BIBLIOGRAPHIE

- Adams, E.A., Buczinski, S., 2016. Short communication: Ultrasonographic assessment of lung consolidation postweaning and survival to the first lactation in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 99, 1465–1470. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10260>
- Amoroso Maria Grazia, Giuseppe Lucifora, degli uberti Barbara, Serra Francesco, 2020. Viruses | Free Full-Text | Fatal Interstitial Pneumonia Associated with Bovine Coronavirus in Cows from Southern Italy [WWW Document]. URL <https://www.mdpi.com/1999-4915/12/11/1331> (accessed 7.24.23).
- Amrani, I., 2020. ETUDE DE L'ADAPTABILITE DU TEST DE VENTILATION FORCEE CHEZ LES BOVINS.
- Andersson, Jonasson, 1993. Régulation de la température et physiologie environnementale, *Dukes' Physiology of Domestic Animals*.
- ANSES, 2011. Caractéristiques et sources de *Staphylococcus aureus* et entérotoxines staphylococciques.
- Assié, S., 2020. *Pasteurella multocida* chez les bovins : évolution de l'antibiorésistance et stratégies de traitement. *Bulletin des G.T.V.* 77.
- Assié, S., Seegers, H., Beaudeau, F., 2004. Incidence of respiratory disorders during housing in non-weaned Charolais calves in cow-calf farms of Pays de la Loire (western France). *Preventive Veterinary Medicine* 63, 271–282. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.01.014>
- Babkine, M., Blond, L., 2009. Ultrasonography of the Bovine Respiratory System and Its Practical Application. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, Bovine Ultrasound* 25, 633–649. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2009.07.001>
- Barone, R., 1997. Anatomie comparée des mammifères domestiques - Tome 3, Splanchnologie I.
- Belbia, B., Belaroug, M., 2011. Les trouble respiratoire chez les bovins (Thesis). université ibn khaldoun-tiaret.
- Berman, J., Francoz, D., Abdallah, A., Dufour, S., Buczinski, S., 2022. Development and validation of a clinical respiratory disease scoring system for guiding treatment decisions in veal calves using a Bayesian framework. *Journal of Dairy Science* 105, 9917–9933. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21695>
- Berman, J., Masseur, I., Fecteau, G., Buczinski, S., Francoz, D., 2021. Comparison of thoracic ultrasonography and thoracic radiography to detect active infectious bronchopneumonia in hospitalized dairy calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 35, 2058–2068. <https://doi.org/10.1111/jvim.16157>
- Bista, P.K., Pillai, D., Roy, C., Scaria, J., Narayanan, S.K., 2022. Comparative Genomic Analysis of *Fusobacterium necrophorum* Provides Insights into Conserved Virulence Genes. *Microbiol Spectr* 10, e0029722. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00297-22>
- Boumediene Salah Eddine, Bouziane Nora, 2019. Etude anatomopathologique des lésions du poumon de bovin.
- Bowersock, T.L., Sobacki, B.E., Terrill, S.J., Martinon, N.C., Meinert, T.R., Leyh, R.D., 2014. Efficacy of a multivalent modified-live virus vaccine containing a *Mannheimia haemolytica* toxoid in calves

challenge exposed with *Bibersteinia trehalosi*. *Am J Vet Res* 75, 770–776.  
<https://doi.org/10.2460/ajvr.75.8.770>

Braun, U., Oschlies, C., Ohlerth, S., Gerspach, C., 2020. Ultrasonography of the lung in calves. *SAT* 162, 513–530. <https://doi.org/10.17236/sat00269>

Breeze, R.G., Pirie, H.M., Selman, I.E., Wiseman, A., 1975. Fog fever in cattle: Cytology of the hyperplastic alveolar epithelium. *Journal of Comparative Pathology* 85, 147–156.  
[https://doi.org/10.1016/0021-9975\(75\)90093-6](https://doi.org/10.1016/0021-9975(75)90093-6)

Buczinski, S., Fecteau, G., Dubuc, J., Francoz, D., 2018. Validation of a clinical scoring system for bovine respiratory disease complex diagnosis in preweaned dairy calves using a Bayesian framework. *Preventive Veterinary Medicine* 156, 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.05.004>

Buczinski, S., Forté, G., Bélanger, A.M., 2013. Short communication: Ultrasonographic assessment of the thorax as a fast technique to assess pulmonary lesions in dairy calves with bovine respiratory disease. *Journal of Dairy Science* 96, 4523–4528. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6577>

Buczinski, S., L Ollivett, T., Dendukuri, N., 2015. Bayesian estimation of the accuracy of the calf respiratory scoring chart and ultrasonography for the diagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned dairy calves. *Preventive Veterinary Medicine* 119, 227–231.  
<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.02.018>

Camuset, P., 2006. L'examen échographique des foyers inflammatoires chez les bovins [WWW Document]. SNGTV. URL <https://www2.sngtv.org/article-bulletin/lexamen-echographique-des-foyers-inflammatoires-chez-les-bovins/> (accessed 11.7.23).

Camuset, P., Chartier, C., 2012. Strongyloses respiratoires des ruminants.

Canada, A. de la santé publique du, 2021. Fiche Technique Santé-Sécurité : Agents Pathogènes – *Streptococcus pyogenes* [WWW Document]. URL <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/streptococcus-pyogenes.html> (accessed 7.20.23).

Casademunt, S., 2008. *Histophilus somni* dans les maladies respiratoires bovines : une mise à jour. [WWW Document]. SNGTV. URL <https://www2.sngtv.org/article-bulletin/histophilus-somni-dans-les-maladies-respiratoires-bovines-une-mise-a-jour/> (accessed 7.19.23).

Cebren, N., 2021. Analyse intégrative des données multi-dimensionnelles pour l'étude de la vaccination vis-à-vis des infections mammaires et pulmonaires chez les bovins.

Centeno-Martinez, R.E., Glidden, N., Mohan, S., Davidson, J.L., Fernández-Juricic, E., Boerman, J.P., Schoonmaker, J., Pillai, D., Koziol, J., Ault, A., Verma, M.S., Johnson, T.A., 2022. Identification of bovine respiratory disease through the nasal microbiome. *Animal Microbiome* 4, 15.  
<https://doi.org/10.1186/s42523-022-00167-y>

Cesbron, N., Lequeux, G., 2021. Pasteurelloses des bovins : actualités. Labocéa. URL <https://www.labocea.fr/pasteurelloses-bovins/> (accessed 7.19.23).

Chen, P., Qiu, Y., Liu, G., Li, X., Cheng, J., Liu, K., Qu, W., Zhu, C., Kastelic, J.P., Han, B., Gao, J., 2021. Characterization of *Streptococcus lutetiensis* isolated from clinical mastitis of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 104, 702–714. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18347>

Claus D. Buergelt, Edward G. Clark, Fabio Del Piero, 2017. Bovine pathology.

Collins, J.K., Jensen, R., Smith, G.H., Flack, D.E., Kerschen, R., Bennett, B.W., Jones, R.L., Alexander, A.F., 1988. Association of bovine respiratory syncytial virus with atypical interstitial pneumonia in feedlot cattle. *Am J Vet Res* 49, 1045–1049.

Cramer, M.C., Ollivett, T.L., 2019. Growth of preweaned, group-housed dairy calves diagnosed with respiratory disease using clinical respiratory scoring and thoracic ultrasound — A cohort study. *Journal of Dairy Science* 102, 4322–4331. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15420>

Cuevas-Gómez, I., McGee, M., Sánchez, J.M., O’Riordan, E., Byrne, N., McDanel, T., Earley, B., 2021. Association between clinical respiratory signs, lung lesions detected by thoracic ultrasonography and growth performance in pre-weaned dairy calves. *Ir Vet J* 74, 7. <https://doi.org/10.1186/s13620-021-00187-1>

Deepak, Aly, S.S., Love, W.J., Blanchard, P.C., Crossley, B., Van Eenennaam, A.L., Lehenbauer, T.W., 2021. Etiology and risk factors for bovine respiratory disease in pre-weaned calves on California dairies and calf ranches. *Preventive Veterinary Medicine* 197, 105506. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105506>

Dorso, L., Rouault, M., Barbotin, C., Chartier, C., Assié, S., 2021. Infectious Bovine Respiratory Diseases in Adult Cattle: An Extensive Necropsic and Etiological Study. *Animals* 11, 2280. <https://doi.org/10.3390/ani11082280>

Douart, A., 2002. Agents bactériens impliqués dans les BPI des bovins - Le Point Vétérinaire n° 231 du 01/12/2002 [WWW Document]. *Le Point Vétérinaire.fr*. URL <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point-veterinaire/article/n-231/agents-bacteriens-impliques-dans-les-bpi-des-bovins.html> (accessed 7.19.23).

Dubrovsky, S.A., Van Eenennaam, A.L., Karle, B.M., Rossitto, P.V., Lehenbauer, T.W., Aly, S.S., 2019. Bovine respiratory disease (BRD) cause-specific and overall mortality in preweaned calves on California dairies: The BRD 10K study. *Journal of Dairy Science* 102, 7320–7328. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15463>

Dunn, T.R., Ollivett, T.L., Renaud, D.L., Leslie, K.E., LeBlanc, S.J., Duffield, T.F., Kelton, D.F., 2018. The effect of lung consolidation, as determined by ultrasonography, on first-lactation milk production in Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science* 101, 5404–5410. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13870>

Fenske, L., Noll, I., Blom, J., Ewers, C., Semmler, T., Fawzy, A., Eisenberg, T., 2022. A dominant clonal lineage of *Streptococcus uberis* in cattle in Germany. *Antonie van Leeuwenhoek* 115, 857–870. <https://doi.org/10.1007/s10482-022-01740-w>

Ferrari, S., Piccinini, R., Silva, M., Exadaktylos, V., Berckmans, D., Guarino, M., 2010. Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves. *Preventive Veterinary Medicine* 96, 276–280. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.06.013>

Francis Sérieys, 2003. *Streptococcus uberis*, l’espèce préoccupante - Le Point Vétérinaire n° 239 du 01/10/2003 [WWW Document]. *Le Point Vétérinaire.fr*. URL <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point-veterinaire/article/n-239/streptococcus-uberis-l-espece-preoccupante.html> (accessed 7.20.23).

Gelinas, A.-M., 2000. Variations génétiques et antigéniques associées aux glycoprotéines d’enveloppe de souches entériques et respiratoires du coronavirus bovin.

GIE Elevage des Pays de la Loire, 2005. Les bonnes pratiques d'élevage.

Griffin, D., Chengappa, M.M., Kuszak, J., McVey, D.S., 2010. Bacterial Pathogens of the Bovine Respiratory Disease Complex. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, Bovine Respiratory Disease* 26, 381–394. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.04.004>

Headley, S.A., Pereira, A.H.T., Balbo, L.C., Di Santia, G.W., Bracarense, A.P.F.R.L., Filho, L.F.C.C., Schade, J., Okano, W., Pereira, P.F.V., Morotti, F., Preto-Giordano, L.G., Marcasso, R.A., Alfieri, A.F., Lisbôa, J.A.N., Alfieri, A.A., 2018. Histophilus somni-associated syndromes in sheep from Southern Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology* 49, 591–600. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.12.008>

Hoda, S.A., Cheng, E., 2017. Robbins Basic Pathology. *American Journal of Clinical Pathology* 148, 557–557. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqx095>

Huet H, Moustier V., 2009. Thèse « Propédeutique médicale des bovins ».

Hunter, M.P., Regunath, H., 2023. Pleurisy, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).

Hussein, H.A., Binici, C., Staufenbiel, R., 2018. Comparative evaluation of ultrasonography with clinical respiratory score in diagnosis and prognosis of respiratory diseases in weaned dairy buffalo and cattle calves. *Journal of Animal Science and Technology* 60, 29. <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0187-3>

ICHER Laetitia, 2016. ÉCHOGRAPHIE DU PÉRICARDE, DE L'ENDOCARDE, DU POUMON ET DES PLÈVRES CHEZ LES BOVINS : CORRÉLATION ENTRE LES SIGNES CLINIQUES, LES DONNÉES PARACLINIQUES ET LES EXAMENS NÉCROPSIQUES.

Ikawa, H., Narushima, T., Kohno, T., 1987. Bacteriology of caudal vena caval thrombosis in slaughter cattle. *Vet Rec* 120, 184–186. <https://doi.org/10.1136/vr.120.8a.184>

Jackson, P.G.G., Cockcroft, P.D., 2002. Clinical examination of farm animals. Blackwell Science, Oxford.

Johnson, T.J., Nolan, L.K., 2009. Pathogenomics of the Virulence Plasmids of Escherichia coli. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 73, 750–774. <https://doi.org/10.1128/mubr.00015-09>

Kane, Y., Kadja, M., Mwenedata, J., 2011. Prévalence des lésions pulmonaires des bovins aux abattoirs de Dakar. *Revue Africaine Santé et Productions Animales* 9.

Keefe, G.P., 1997. Streptococcus agalactiae mastitis: a review. *Can Vet J* 38, 429–437.

Lamain, G., Richard, L., 2014. Épistaxis chez les bovins - Le Point Vétérinaire expert rural n° 348 du 01/09/2014 [WWW Document]. Le Point Vétérinaire.fr. URL <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point-veterinaire/article-rural/n-348/epistaxis-chez-les-bovins.html> (accessed 6.15.23).

Larsen, L.E., 2000. Bovine Respiratory Syncytial Virus (BRSV): A review. *Acta Vet Scand* 41, 1–24. <https://doi.org/10.1186/BF03549652>

Legrand, 2020. Sémiologie respiratoire et examens complémentaires.

Lhermie, G., Ferran, A.A., Assié, S., Cassard, H., El Garch, F., Schneider, M., Woerhlé, F., Pacalin, D., Delverdier, M., Bousquet-Mélou, A., Meyer, G., 2016. Impact of Timing and Dosage of a Fluoroquinolone Treatment on the Microbiological, Pathological, and Clinical Outcomes of Calves Challenged with Mannheimia haemolytica. *Frontiers in Microbiology* 7.



- Lichtenstein, D.A., 2014. Lung ultrasound in the critically ill. *Annals of Intensive Care* 4, 1. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-4-1>
- Lorenz, I., Mee, J.F., Earley, B., More, S.J., 2011. Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention. *Irish Veterinary Journal* 64, 10. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-64-10>
- Loriot, N., 2011. *Echographie abdominale chez le chien et le chat*, MED'COM. ed, VADE-MECUM. Paris.
- Love, W.J., Lehenbauer, T.W., Kass, P.H., Eenennaam, A.L.V., Aly, S.S., 2014. Development of a novel clinical scoring system for on-farm diagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned dairy calves. *PeerJ* 2, e238. <https://doi.org/10.7717/peerj.238>
- Love, W.J., Lehenbauer, T.W., Van Eenennaam, A.L., Drake, C.M., Kass, P.H., Farver, T.B., Aly, S.S., 2016. Sensitivity and specificity of on-farm scoring systems and nasal culture to detect bovine respiratory disease complex in preweaned dairy calves. *J VET Diagn Invest* 28, 119–128. <https://doi.org/10.1177/1040638715626204>
- Lurier, T., 2023. Gestion d'un pyothorax par mise en place d'un drain thoracique chez une génisse Holstein [WWW Document]. SNGTV. URL <https://www2.sngtv.org/article-bulletin/gestion-dun-pyothorax-par-mise-en-place-dun-drain-thoracique-chez-une-genisse-holstein/> (accessed 8.6.23).
- Mahmoud, A.E., Fathy, A., Ahmed, E.A., Ali, A.O., Abdelaal, A.M., El-Maghraby, M.M., 2022. Ultrasonographic diagnosis of clinical and subclinical bovine respiratory disease in Holstein calves. *Vet World* 15, 1932–1942. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.1932-1942>
- Maingourd, C., Nicollet, P., 2010. Démarche d'interprétation des résultats de typage des colibacilles bovins. *Point Veterinaire* 309, 58–62.
- Mancini, N., 2019. CRÉATION D'UN PARCOURS PÉDAGOGIQUE AXÉ SUR LA SIMULATION POUR L'APPRENTISSAGE TECHNIQUE DE L'ÉCHOGRAPHIE EN MÉDECINE VÉTÉRINAIRE.
- Martel, M., 2019. CREATION D'UNE BANQUE DE SONS AUDIBLES AUX AUSCULTATIONS CARDIAQUE, PULMONAIRE ET DIGESTIVE DES BOVINS.
- Masset, N., Assié, S., Herman, N., Jozan, T., Herry, V., 2022. Ultrasonography of the cranial part of the thorax is a quick and sensitive technique to detect lung consolidation in veal calves. *Veterinary Medicine and Science* 8, 1229–1239. <https://doi.org/10.1002/vms3.774>
- Massol, C., 2018. ETUDE DE LA SENSIBILITE DE MANNHEIMIA HAEMOLYTICA ET PASTEURELLA MULTOCIDA PRELEVEES EN ATELIER D'ENGRAISSEMENT D'AGNEAUX PAR DETERMINATION DE LA CMI.
- Maxie, G., 2015. *Jubb, Kennedy & Palmer's Pathology of Domestic Animals: Volume 2*. Elsevier Health Sciences.
- McGuirk, S.M., 2008. Disease Management of Dairy Calves and Heifers. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, Dairy Heifer Management* 24, 139–153. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.003>
- Mehinagic Kemal, Pilo Paola, Vidondo Beatriz, Stokar nadine, 2019. Co-infection de bovins suisses par le virus parainfluenza bovin 3 et Mycoplasma bovis aux stades aigus et chroniques du complexe des maladies respiratoires bovines [WWW Document]. URL <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1040638719861686> (accessed 7.23.23).

Molmy, M., 2018. MARQUEURS DE L'INFLAMMATION CHEZ LES BOVINS : CORRELATION CHEZ LES MEMES ANIMAUX ENTRE LES DONNEES CLINIQUES ET L'EXAMEN POST-MORTEM.

Murray, G.M., More, S.J., Sammin, D., Casey, M.J., McElroy, M.C., O'Neill, R.G., Byrne, W.J., Earley, B., Clegg, T.A., Ball, H., Bell, C.J., Cassidy, J.P., 2017. Pathogens, patterns of pneumonia, and epidemiologic risk factors associated with respiratory disease in recently weaned cattle in Ireland. *J VET Diagn Invest* 29, 20–34. <https://doi.org/10.1177/1040638716674757>

Muylkens, B., Thiry, J., Kirten, P., Schynts, F., Thiry, E., 2007. Bovine herpesvirus 1 infection and infectious bovine rhinotracheitis. *Veterinary Research* 38, 181–209. <https://doi.org/10.1051/vetres:2006059>

Narayanan, S., Nagaraja, T.G., Staats, J., Chengappa, M.M., Oberst, R.D., 1998. Biochemical and biological characterizations and ribotyping of *Actinomyces pyogenes* and *Actinomyces pyogenes*-like organisms from liver abscesses in cattle. *Vet Microbiol* 61, 289–303. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(98\)00190-4](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(98)00190-4)

Ollivett, T. I., Caswell, J. I., Nydam, D. v., Duffield, T., Leslie, K. e., Hewson, J., Kelton, D., 2015. Thoracic Ultrasonography and Bronchoalveolar Lavage Fluid Analysis in Holstein Calves with Subclinical Lung Lesions. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 29, 1728–1734. <https://doi.org/10.1111/jvim.13605>

Orue, J., Mémery, G., 1961. La peripneumonie bovine. Traitement par Novarsenobenzol : conséquences épidémiologiques et prophylactiques. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* 14, 405. <https://doi.org/10.19182/remvt.7089>

Panciera, R.J., Confer, A.W., 2010. Pathogenesis and Pathology of Bovine Pneumonia. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, Bovine Respiratory Disease* 26, 191–214. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.04.001>

Paradis, G., 2000. Les maladies du sabot [WWW Document]. URL <https://www.agrireseau.net/bovinsboucherie/Documents/bov.paradis.htm> (accessed 7.24.23).

Peek, S.F., Slack, J. a., McGuirk, S.M., 2003. Management of Pneumothorax in Cattle by Continuous-Flow Evacuation. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 17, 119–122. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2003.tb01334.x>

Peter G.G. Jackson, Peter D. Cockcroft, 2002. The General Clinical Examination of Cattle, in: *Clinical Examination of Farm Animals*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 9–11. <https://doi.org/10.1002/9780470752425.ch2>

Pravettoni, D., Buczinski, S., Sala, G., Ferrulli, V., Bianchi, F., Boccardo, A., 2021. Short communication: Diagnostic accuracy of focused lung ultrasonography as a rapid method for the diagnosis of respiratory disease in dairy calves. *J Dairy Sci* 104, 4929–4935. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19377>

Raaperi, K., Orro, T., Viltrop, A., 2014. Epidemiology and control of bovine herpesvirus 1 infection in Europe. *The Veterinary Journal* 201, 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.05.040>

Rabah, W., 2019. Inspection des viandes rouges et les principaux motifs de saisie rencontrés a l'abattoir municipal de Tiaret.

- Ravary-Plumioën, B., Pierrot, É., Plassard, V., 2022. La thrombose de la veine cave caudale : une affection sporadique difficile à diagnostiquer chez les bovins. *Le Nouveau Praticien Vét élevages & santé* 14, 38–53. <https://doi.org/10.1051/npvelsa/2022058>
- Reef, V.B., 1991. Advances in Diagnostic Ultrasonography. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, Advanced Diagnostic Methods* 7, 451–466. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30509-6](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30509-6)
- Rice, J.A., Carrasco-Medina, L., Hodgins, D.C., Shewen, P.E., 2007. *Mannheimia haemolytica* and bovine respiratory disease. *Anim Health Res Rev* 8, 117–128. <https://doi.org/10.1017/S1466252307001375>
- Rings, D.M., 1995. Surgical Treatment of Pleuritis and Pericarditis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 11, 177–182. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30516-8](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30516-8)
- Rosenberg G., Dirksen, G., Grunder, H.-D, Grunert, E., Krause, D., Stober, M., Mack, R., 1979. Clinical examination of cattle. [WWW Document]. URL <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19792242196> (accessed 7.25.23).
- Rossi, C. a. S., Compiani, R., Baldi, G., Bonfanti, M., 2013. Determination and assessment of BRD risk factors in newly received beef cattle. *Large Animal Review* 19, 65–72.
- Rzewuska, M., Kwiecień, E., Chrobak-Chmiel, D., Kizerwetter-Świda, M., Stefańska, I., Gieryńska, M., 2019. Pathogenicity and Virulence of *Trueperella pyogenes*: A Review. *International Journal of Molecular Sciences* 20, 2737. <https://doi.org/10.3390/ijms20112737>
- Santos, P.R., Kraus, R.B., Ladeira, S.L., Pereira, G.M., Cunha, K.F., Palhares, K.E., Silva, A.C.A., Dors, G.C., Lima, H.G., Cereser, N.D., Nascente, P.S., 2023. Resistance profile and biofilm production of *Enterococcus* spp., *Staphylococcus* sp., and *Streptococcus* spp. from dairy farms in southern Brazil. *Braz J Microbiol* 54, 1217–1229. <https://doi.org/10.1007/s42770-023-00929-z>
- Sartelet, A., 2018. Les omphalites chez le veau 15.
- Sattler, N., 2002. Thoracocentèse et drainage pleural chez les bovins. *Le point vétérinaire*.
- Schelcher, F., Valarcher, J.-F., 1999. Bronchopneumonies infectieuses des bovins.
- Schmidt, P.H., White, B.J., Finley, A., Bortoluzzi, E.M., Depenbusch, B.E., Mancke, M., Brown, R.E., Jensen, M., Lancaster, P.A., Larson, R.L., 2023. Determining Frequency of Common Pulmonary Gross and Histopathological Findings in Feedyard Fatalities. *Veterinary Sciences* 10, 228. <https://doi.org/10.3390/vetsci10030228>
- Schreiber, P., Matheise, J.P., Dessy, F., Heimann, M., Letesson, J.J., Coppe, P., Collard, A., 2000. High Mortality Rate Associated with Bovine Respiratory Syncytial Virus (BRSV) Infection in Belgian White Blue Calves Previously Vaccinated with an Inactivated BRSV Vaccine. *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 47, 535–550. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.2000.00380.x>
- Scohy, D., 2019. Bien écorner un veau : bonnes pratiques d'écornage, conseils de l'Idèle [WWW Document]. URL <https://www.web-agri.fr/veaux-et-genisses/article/144305/ecorner-des-veaux-conseils-bonnes-pratiques-d-ecornage> (accessed 8.1.23).
- Serghini, Nabila, Toumi, Amina, Hmida Houari, 2017. Les lésions pulmonaires chez les ovins et les bovins Dans l'abattoir de Frenda.

- Slack, J.A., Thomas, C.B., Peek, S.F., 2004. Pneumothorax in dairy cattle: 30 cases (1990–2003). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 225, 732–735. <https://doi.org/10.2460/javma.2004.225.732>
- Sorden, S.D., Kerr, R.W., Janzen, E.D., 2000. Interstitial Pneumonia in Feedlot Cattle: Concurrent Lesions and Lack of Immunohistochemical Evidence for Bovine Respiratory Syncytial Virus Infection. *J VET Diagn Invest* 12, 510–517. <https://doi.org/10.1177/104063870001200604>
- Stanton, A.L., Kelton, D.F., LeBlanc, S.J., Wormuth, J., Leslie, K.E., 2012. The effect of respiratory disease and a preventative antibiotic treatment on growth, survival, age at first calving, and milk production of dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 95, 4950–4960. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5067>
- Tan, Z.L., Nagaraja, T.G., Chengappa, M.M., 1996. *Fusobacterium necrophorum* infections: Virulence factors, pathogenic mechanism and control measures. *Vet Res Commun* 20, 113–140. <https://doi.org/10.1007/BF00385634>
- Tegtmeier, C., Uttenthal, A., Friis, N.F., Jensen, N.E., Jensen, H.E., 1999. Pathological and Microbiological Studies on Pneumonic Lungs from Danish Calves. *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 46, 693–700. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.1999.00301.x>
- Thomas, L.H., Stott, E.J., Collins, A.P., Jebbett, N.J., Stark, A.J., 1977. Evaluation of respiratory disease in calves: comparison of disease response to different viruses. *Research in Veterinary Science* 23, 157–164. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)33148-5](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)33148-5)
- Trueperella pyogenes - Base Baobab - INRS [WWW Document], 2023. URL [https://www.inrs.fr/publications/bdd/baobab/AgentBaobabAG.html?refINRS=BAOBAB\\_Agent\\_410](https://www.inrs.fr/publications/bdd/baobab/AgentBaobabAG.html?refINRS=BAOBAB_Agent_410) (accessed 7.24.23).
- Van Bost, S., Mainil, J., 2003. Facteurs de virulence et propriétés spécifiques des souches invasives d'*Escherichia coli* :
- Verdan-Roulet, M., 2020. Méningo-encéphalite thrombo-embolique associée à *Histophilus somni* | Affections neurologiques des bovins. URL <http://neurobovin.theses.vetagro-sup.fr/2020/04/28/meningo-encephalite-thrombo-embolique-associee-a-histophilus-somni/> (accessed 7.19.23).
- Zeryehun, T., Alemu, B., 2017. Major Gross Lesions of Lung in Cattle Slaughtered at Hawassa Municipal Abattoir, Southern Ethiopia. *Journal of Veterinary Medicine* 2017, e1702852. <https://doi.org/10.1155/2017/1702852>
- Zhang, M., Hill, J.E., Godson, D.L., Ngeleka, M., Fernando, C., Huang, Y., 2020. The pulmonary virome, bacteriological and histopathological findings in bovine respiratory disease from western Canada. *Transboundary and Emerging Diseases* 67, 924–934. <https://doi.org/10.1111/tbed.13419>
- Zhou, Y., Shao, Z., Dai, G., Li, X., Xiang, Y., Jiang, S., Zhang, Z., Ren, Y., Zhu, Z., Fan, C., Zhang, G., 2023. Pathogenic infection characteristics and risk factors for bovine respiratory disease complex based on the detection of lung pathogens in dead cattle in Northeast China. *Journal of Dairy Science* 106, 589–606. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21929>
- Zouagui, Z., Lbacha, H.A., 2019. Les bronchopneumonies infectieuses enzootiques (BPIE) des bovins : Approche curative et préventive. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 7.

# ANNEXES

Annexe n°1 : Consentement éclairé pour les éleveurs

## CONSENTEMENT AU PROJET

Code alphabétique d'identification : .....

Nom : .....

Prénom : .....

Élevage : .....

Numéro de téléphone : .....

J'ai pris connaissance du document ci-dessus et je consens à participer au projet de recherche : « Evaluation de l'intérêt de l'échographie thoracique pour la mise en place d'un traitement ciblé sélectif des veaux lors d'une épidémie de broncho-pneumonie en élevage bovin. ». J'ai bien noté que je dispose d'un droit d'accès, de modification, de suppression ou d'opposition des données me concernant et que mon droit d'accès s'exerce auprès de Thibaut Lurier dont les coordonnées figurent dans la fiche d'information.

Le :                      A :

Signature :

## Fiche d'information du projet d' Evaluation de l'intérêt de l'échographie thoracique pour la mise en place d'un traitement ciblé sélectif des veaux lors d'une épidémie de broncho-pneumonie en élevage bovin à destination des éleveurs

---

Dans la cadre de ma thèse et en partenariat avec vos vétérinaires, nous allons réaliser une expérimentation portant sur l'intérêt de l'échographie thoracique pour traiter les veaux atteints de broncho-pneumonie.

Ce projet va s'appuyer sur la réalisation d'un examen clinique et d'une échographie thoracique sur tous les veaux du lot atteint de broncho-pneumonie et la mise en place du traitement ciblé sélectif suivant :

- Tous les veaux cliniques atteints sont traités avec des antibiotiques
- La moitié des veaux sans signes cliniques, mais avec lésion échographiques seront traités avec des antibiotiques tandis que l'autre moitié sera traitée avec un placebo (sérum physiologique). Pour limiter les biais de l'étude, l'attribution de ces veaux dans le groupe traité avec antibiotique ou placebo sera faite de façon aléatoire sans que le vétérinaire ou l'éleveur soient au courant.
- Les veaux sans signes cliniques et sans lésions échographiques ne seront pas traités

Une semaine après la première visite, une visite de contrôle sera réalisée par votre vétérinaire et un examen clinique et une échographie thoracique sera réalisée de nouveau sur tous les veaux inclus dans l'étude.

Si vous acceptez de participer à cette étude, nous aurons besoin de pouvoir réaliser deux visites (la visite initiale et la visite de contrôle) dans votre élevage. Par ailleurs, dans la mesure du possible, nous vous demandons de respecter les traitements qui ont été préconisés par le vétérinaire lors de la première visite. En cas d'aggravation des signes cliniques sur un animal inclus dans l'étude ou en cas d'apparition de signe clinique chez un veau qui ne présentait pas de signes cliniques initialement, vous pouvez mettre en place le traitement médical nécessaire (quel que soit le groupe de traitement dans lequel avait été assigné le veau lors de la visite initiale) en le consignant dans votre registre d'élevage.

L'ensemble des informations vous concernant seront conservées dans les meilleures conditions de sécurité et de confidentialité pendant toute la durée du projet de recherche, à savoir 1 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, **tel** : 03 XX XX XX XX, **adresse** : Service pathologie du bétail, 1 avenue Bourgelat, 69280 Marcy l'étoile







## TITRE

---

EVALUATION DE L'INTERET DE L'ECHOGRAPHIE THORACIQUE POUR LA MISE EN PLACE D'UN TRAITEMENT CIBLE SELECTIF DES VEAUX LORS D'UNE EPIDEMIE DE BRONCHO-PNEUMONIE EN ELEVAGE BOVIN

## Auteur

---

ANGONIN Eloïse

## Résumé

---

Les broncho-pneumonies sont des affections respiratoires omniprésentes dans les élevages bovins. Elles ont d'importantes conséquences sur le bovin touché mais également sur l'économie de l'élevage. D'où l'importance de mettre en place un traitement précoce, ciblé et sélectif qui ne peut pas être basé uniquement sur l'examen clinique vu sa mauvaise sensibilité. C'est pourquoi il nous est intéressant d'évaluer l'intérêt de l'échographie thoracique dans la mise en place d'un traitement ciblé sélectif des veaux lors d'une épidémie de broncho-pneumonie en élevage bovin. Notre étude a inclus 45 veaux laitiers issus de cinq élevages du département de La Loire, entre octobre 2022 et mars 2023. Lors de la visite initiale (J0) et 7 jours après (J7), un examen clinique et une échographie pulmonaire était réalisée chez tous les veaux du lot. A J0, tous les veaux étaient traités avec des huiles essentielles à visée respiratoire en pour on. De plus, tous les veaux présentant des signes cliniques et environ la moitié (randomisée) des veaux présentant des lésions échographiques sans signes clinique étaient également traités avec des antibiotiques et AINS. Lors de la visite initiale, nous avons confirmé la meilleure sensibilité de l'échographie pulmonaire pour détecter les animaux atteints de BRD. A J7, les seuls veaux nouvellement cliniques n'avaient pas reçu de traitement antibiotique et AINS et ils faisaient partie du groupe avec lésion mais sans signes clinique à J0. Ces résultats sont en faveur d'une stratégie de traitement ciblé sélectif visant à traiter tous les veaux présentant un score de Wisconsin supérieur à 5 ou des lésions thoraciques à l'échographie thoracique. Une étude de plus grande ampleur devrait être réaliser pour confirmer et démontrer ces résultats.

## Mots-clés

---

Echographie thoracique, veaux, intérêt, broncho-pneumonie

## Jury

---

Président du jury : **Titre THOBOIS Stéphane**  
Directeur de thèse : **Titre LURIER Thibault**  
2ème assesseur : **Titre LEGRAND Dominique**