



HAL
open science

Intérêt de l'échographie pulmonaire pour le diagnostic précoce des BPI en atelier de veau de boucherie en début d'engraissement

Pauline Bois

► To cite this version:

Pauline Bois. Intérêt de l'échographie pulmonaire pour le diagnostic précoce des BPI en atelier de veau de boucherie en début d'engraissement. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04906485

HAL Id: dumas-04906485

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04906485v1>

Submitted on 22 Jan 2025

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

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

ANNEE 2024 - Thèse n° 116

Intérêt de l'échographie pulmonaire pour le diagnostic précoce des BPI en atelier de veau de boucherie en début d'engraissement.

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

l'UFR de Médecine de l'Université
de Nantes le 29 octobre 2024

par

Pauline, Estelle, Marie BOIS

Sous la direction de

Raphaël GUATTÉO

Président du jury : Monsieur Jean-Michel CAPPELIER, professeur à Oniris – VetAgroBio Nantes

Membres du jury : Madame Maud ROUAULT, assistante d'enseignement et de recherche contractuelle à Oniris – VetAgroBio Nantes

Monsieur Raphaël GUATTÉO, professeur à Oniris – VetAgroBio Nantes

ANNEE 2024 - Thèse n° 116

Intérêt de l'échographie pulmonaire pour le diagnostic précoce des BPI en atelier de veau de boucherie en début d'engraissement.

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

l'UFR de Médecine de l'Université
de Nantes le 29 octobre 2024

par

Pauline, Estelle, Marie BOIS

Sous la direction de

Raphaël GUATTÉO

Président du jury : Monsieur Jean-Michel CAPPELIER, professeur à Oniris – VetAgroBio Nantes

Membres du jury : Madame Maud ROUAULT, assistante d'enseignement et de recherche contractuelle à Oniris – VetAgroBio Nantes

Monsieur Raphaël GUATTÉO, professeur à Oniris – VetAgroBio Nantes

Département BPSA Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment		
Responsable : Emmanuel JAFFRES – Adjointe : Frédérique NGUYEN		
Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Yassine MALLEM (Pr) Hervé POULIQUEN (Pr)	Antoine ROSTANG (MC) Meg-Anne MORICEAU (CERC) Martine KAMMERER (Pr émérite) Marc GOGNY (Pr émérite)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Lionel MARTIGNAT (Pr) Julie HERVE (MC HDR) Grégoire MIGNOT (MC)	Solenn GAVAUD (CERC)
Histologie et anatomie pathologique	Marie-Anne COLLE (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC)
Biochimie alimentaire industrielle	Carole PROST (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Clément CATANEO (MC) Alix KHALIL (MC) Laurent LE THUAUT (MC)
Microbiotech	Hervé PREVOST (Pr) Géraldine BOUE (MC) Nabila HADDAD (MC) Emmanuel JAFFRES (MC)	Mathilde MOSSER (MC) Boris MISERY (MC) Raouf TAREB (MC) Quentin PRUVOST (CEC)
PACENV = VET1	Eléonore BOUGUYON (PRAG) Nicolas BROSSAUD (PRAG)	Charlotte MOCQUARD (PRAG) Aurore CALVEL (PRAG)
Département SAESP Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique		
Responsable : Raphaël GUATTEO – Adjoint : Jean-Michel CAPPELIER		
Élevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Christine FOURICHON (Pr)	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Ségoène CALVEZ 5(Pr) Aurélien MADOUASSE (MC) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Alain CHAUVIN (Pr) Emmanuelle MOREAU (Pr) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr) Pauline MAISONNASSE (CERC)	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC) Léa LOISEL (AERC) Kenny OBERLE (MC) Nadine RAVINET (MC)
Médecine des animaux d'élevage	Catherine BELLOC (Pr) Christophe CHARTIER (Pr émérite) Raphaël GUATTEO (Pr) Anne RELUN (MC)	Sébastien ASSIE (MC) Isabelle BREYTON (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Maud ROUAULT (AERC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Louis DELAUNAY (CERC) Bruno LE BIZEC (Pr) Marie-France PILET (Pr)	Sofia STRUBBIA (MC)

Département DSC Sciences cliniques		
Responsable : Catherine IBISCH – Adjoint : Marion FUSELLIER		
Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC) Margarida RIBEIRO DA SILVA NEUNLIST (MC Stagiaire)	
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric AGUADO (Pr) Olivier GAUTHIER (Pr) Eric GOYENVALLE (MC HDR)	Pierre MAITRE (MC) Caroline TESSIER (MC) Gwénola TOUZOT-JOURDE (MC) Claire DEFOURMSTRAUX (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Jacques GUILLOT (Pr) Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass)	Sabrina VIEU (AERC) Maria Dolores SANCHEZ (AERC)
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Anne COUROUCE (Pr) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Françoise ROUX (Pr) Juan HERNANDEZ-RODRIGUEZ (Pr Ass) Nora BOUHSINA (MC)	Nicolas CHOUIN (MC) Amandine DRUT (MC) Marion FUSELLIER-TESSON (Pr) Catherine IBISCH (MC) Aurélia LEROUX (MC) Odile SENECAT (MC)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Jean-François BRUYAS (Pr) François FIENI (Pr)	Djemil BENCHARIF (Pr) Lamia BRIAND (Pr)

Département GPA Génie des procédés alimentaires		
Responsable : Sébastien CURET-PLOQUIN – Adjointe : Vanessa JURY		
Lionel BOILLEREAUX (Pr) Sébastien CURET-PLOQUIN (Pr) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Francine FAYOLLE (Pr) Michel HAVET (Pr)	Alain LEBAIL (Pr) Olivier ROUAUD (Pr) Kévin CROUVISIER-URION (MC) Vanessa JURY (Pr) Emilie KORBEL (MC)	Jean-Yves MONTEAU (MC HDR) Eve-Anne NORWOOD (MC) Raphaël PORYLES (MC) Laurence POTTIER (MC) Cyril TOUBLANC (MC)
PAC-ING	Cyril Gaillard (PCEA)	

Département MSC Management, statistiques et communication		
Responsable : Samira ROUSSELIERE – Adjointe : Véronique CARIOU		
Mathématiques, statistiques, informatique	El Mostafa QANNARI (Pr émérite) Chantal THORIN (Pr Ag) Evelyne VIGNEAU (Pr) Jean-Michel GALHARRET (MC stagiaire)	Véronique CARIOU (Pr) Benjamin MAHIEU (MC) Michel SEMENOU (MC)
Economie, gestion, législation	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Pascal BARILLOT (MC) Ibrahima BARRY (MC) Florence BEAUGRAND (MC)	Sibylle DUCHAINE (MC) Sonia MAHJOUB (MC) Samira ROUSSELIERE (MC) Christophe PAPINEAU (Ens. Cont.)
Langues et communication	Marc BRIDOU (PLPA) David GUYLER (Ens. Cont.) Nathalie GOODENOUGH (PCEA) Patricia JOSSE (Ens. Cont.)	Shaun MEEHAN (Ens. Cont.) Linda MORRIS (PCEA) Ian NICHOLSON (ENS. Cont.)

Pr Ag : Professeur Agrégé

Pr : Professeur

MC : Maître de Conférence

MCC : MC Contractuel

PLPA : Professeur Lycée Professionnel Agricole

PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole

HDR : Habilité à Diriger des Recherches

CERC : Chargé d'Enseignement et de Recherche Contractuel

Ens. Cont. : Enseignant Contractuel

PROTECTION DES DROITS D'AUTEUR ET **PLAGIAT**

La reproduction d'extraits de cette thèse est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée en incluant les éléments bibliographiques suivants :

- Nom et prénoms de l'auteur : BOIS Pauline
- Année de soutenance : 2024
- Titre de la thèse : Intérêt de l'échographie pulmonaire pour le diagnostic précoce des BPI en atelier de veau de boucherie en début d'engraissement.
- Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire
- Université de soutenance : Faculté de Médecine de Nantes
- Ecole de soutenance : Oniris – VetAgroBio - Nantes
- Nombre de pages : 116 pages

REMERCIEMENTS

À Monsieur Jean-Michel CAPPELIER

Professeur à Oniris – VetAgroBio

Pour avoir accepté de prendre part au jury de ma soutenance de thèse en tant que président ainsi que pour votre dévouement dans votre enseignement. Sincères remerciements

À Monsieur Raphaël GUATTÉO

Professeur à Oniris – VetAgroBio Nantes

Pour avoir accepté de superviser ce travail, pour votre réactivité, pour vos relectures et vos corrections attentives, pour votre aide précieuse et votre patience. Sincères remerciements.

À Madame Maud ROUAULT

Assistante d'enseignement et de recherche contractuelle à Oniris – VetAgroBio Nantes

Pour avoir gentiment accepté de prendre part au jury de ma soutenance de thèse. Sincères remerciements.

À Monsieur Éric LEFRAPPER

Vétérinaire praticien au sein du groupe CHÊNE VERT CONSEIL – Lécousse (35)

Pour m'avoir proposé de prendre part à cette étude terrain, pour la confiance et l'autonomie que tu m'as accordées, pour ton accompagnement et ta disponibilité. Sincères remerciements.

À Madame Anne-Sophie BOURGE et à Monsieur Charles HAMARD, éleveur de veaux de boucherie en Mayenne (53)

Pour avoir accepté de participer à cette étude, pour m'avoir fait confiance quant à la manipulation de vos animaux, pour votre disponibilité tout au long du suivi.

À Monsieur Vincent GUILLON, vétérinaire inspecteur au sein de la DDSCPP d'Ille et Vilaine (35) ainsi qu'à toute l'équipe de la DDSCPP de l'abattoir de Chateaubourg (35)

Pour m'avoir chaleureusement accueillie au sein de l'équipe, pour votre disponibilité, pour votre aide très précieuse dans la réalisation des manipulations et pour vos conseils. Sincères remerciements.

À l'entreprise Van Drie,

Pour tous les moyens mis à ma disposition pour garantir le bon déroulement de cette étude terrain. Sincères remerciements.

À l'entreprise Coveto,

Pour le prêt du matériel échographique. Sincères remerciements.

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	7
Table des abréviations	10
Table des figures	11
Table des tableaux	12
Introduction	14
Première partie – Étude bibliographique	19
1. L'examen clinique pour le diagnostic des bronchopneumonies infectieuses	20
1.1. L'examen à distance	20
1.2. L'examen rapproché	20
2. Le scoring clinique pour le diagnostic des bronchopneumonies infectieuses	23
2.1. La Wisconsin Calf Respiratory Scoring Chart	23
2.1.1. Caractéristiques de la grille de scoring Wisconsin	23
2.1.2. Performances de la grille de scoring Wisconsin	23
2.2. La California Scoring Chart	24
2.2.1. Caractéristiques des grilles de scoring California	24
2.2.2. Performances de la grille de scoring California	25
2.3. Comparaison des performances diagnostiques des 2 grilles de scoring	26
3. L'échographie pulmonaire chez le veau	28
3.1. Réalisation pratique de l'échographie pulmonaire chez le veau	28
3.1.1. Choix de la sonde et de la fréquence	28
3.1.2. Contention et préparation	28
3.1.3. Repères anatomiques	29
3.1.4. Déroulement de l'échographie	29
3.1.4.1.1. La technique classique	30
3.1.4.1.2. La quick thoracic ultrasonography	30
3.1.4.1.3. L'approche limitée aux lobes crâniens et moyens	31
3.2. L'interprétation des images échographiques	32
3.2.1. Aspect échographique des poumons et de la plèvre sains	32
3.2.1.1.1. Les plèvres	32
3.2.1.1.2. Le parenchyme pulmonaire	32
3.2.1.1.3. Les limites d'exploration	33
3.2.2. Aspect échographique des poumons et de la plèvre en cas de lésions	33
3.2.2.1.1. Les lésions pleurales	33
3.2.2.1.2. Les lésions pulmonaires	34
3.3. Nature des images obtenues selon les agents pathogènes incriminés	38
4. L'échographie pulmonaire pour le diagnostic des bronchopneumonies infectieuses	40
4.1. Les performances diagnostiques de l'échographie pulmonaire	40
4.2. Les performances zootecniques permises par l'échographie pulmonaire	43
Seconde partie – Étude expérimentale	45
1. Contexte et enjeux de l'étude	46
1.1. Cadre de l'étude	46
1.2. Objectifs de l'étude	46
2. Matériel et méthode	47
2.1. Population et échantillon d'étude	47

2.2. Constitution des lots de veaux	48
2.3. Protocole expérimental	48
2.4. Protocole thérapeutique mis en place en élevage	51
2.5. Récolte des données en élevage et en abattoir	52
2.6. Description des examens réalisés au chevet du veau	52
2.6.1. Le scoring clinique	52
2.6.2. L'échographie pulmonaire	53
2.7. Stratégie d'analyse des données	54
2.7.1. Analyse descriptive de l'échantillon d'étude.....	54
2.7.2. Description des données de prévalence et d'incidence des BPI au sein de l'échantillon	55
2.7.3. Description des données relatives aux scoring cliniques.....	55
2.7.4. Description des données relatives aux échographies pulmonaires	55
2.7.5. Description des données relatives à l'examen post mortem.....	56
2.7.6. Détermination de la concordance de l'échographie pulmonaire en comparaison au scoring clinique.....	56
2.7.7. Détermination de concordance de l'échographie pulmonaire en comparaison à la présence de lésions de BPI à l'abattoir.....	58
2.7.8. Détermination des performances des traitements individuels et collectifs mis en place durant le suivi.....	58
3. Résultats.....	59
3.1. Description de l'échantillon d'étude	59
3.2. Description des résultats des examens réalisés en visite	60
3.2.1. Description des données relatives au scoring clinique	60
3.2.1.1. Description des résultats relatifs aux signes cliniques évalués.....	60
3.2.1.2. Description des résultats relatifs aux scores totaux obtenus.....	61
3.2.2. Description des données relatives à l'échographie pulmonaire	63
3.2.2.1. Description des résultats relatifs à la nature des lésions observées ...	63
3.2.2.2. Description des résultats relatifs au nombre de lésions observées....	64
3.2.2.3. Description des résultats relatifs au côté et au lobe atteint, seuil 1cm ² ..	66
3.2.2.4. Description des résultats relatifs au côté et au lobe atteint, seuil 3cm ² ..	66
3.2.3. Description des données relatives à l'examen post mortem	66
3.3. Concordance entre l'échographie pulmonaire et le scoring clinique.....	67
3.3.1. Concordance entre l'échographie, seuil de 1cm ² et le scoring clinique.....	67
3.3.1.1. Concordance à J0	67
3.3.1.2. Concordance à J7	68
3.3.1.3. Concordance à J21	69
3.3.1.4. Concordance au cours du suivi	70
3.3.2. Concordance entre l'échographie, seuil de 3cm ² et le scoring clinique.....	74
3.3.2.1. Concordance à J0	74
3.3.2.2. Concordance à J7	75
3.3.2.3. Concordance à J21	76
3.3.2.4. Concordance au cours du suivi	77
3.4. Concordance entre l'échographie pulmonaire et l'examen post mortem	81
3.4.1. Concordance entre l'échographie, seuil de 1cm ² et l'examen post mortem....	81
3.4.2. Description des valeurs informatives de l'échographie, seuil 1cm ² , vis à vis de l'examen post mortem.....	81

3.4.3.	Concordance entre l'échographie, seuil de 3cm ² et l'examen post mortem....	82
3.4.4.	Description des valeurs informatives de l'échographie, seuil 3cm ² , vis à vis de l'examen post mortem	82
3.4.5.	Concordance entre le côté concerné par les observations échographiques et à l'examen post mortem.....	82
3.4.6.	Concordance entre le lobe concerné par les observations échographiques et à l'examen post mortem.....	83
3.4.6.1.	Lobes crâniens et moyens droits	83
3.4.6.2.	Lobe crânial gauche	83
3.5.	Évaluation de l'efficacité des traitements collectifs et individuels.....	84
3.5.1.	Performances des traitements collectifs dans l'élevage A.....	85
3.5.2.	Performances des traitements collectifs dans l'élevage B.....	85
3.5.3.	Performances des traitements individuels dans l'élevage A.....	85
3.5.4.	Performances des traitements individuels dans l'élevage.....	86
4.	Discussion	87
4.1.	Concordance entre l'échographie pulmonaire et le scoring clinique.....	87
4.2.	Concordance entre l'échographie pulmonaire et l'examen post mortem.....	90
4.3.	Efficacité des traitements individuels et collectifs.....	92
	Tutoriel pratique : l'échographie chez le veau en atelier de veau de boucherie.....	97
	Conclusion	103
	Références bibliographiques	104
	Annexes	110

TABLE DES ABRÉVIATIONS

GMQ = Gain Moyen Quotidien

BPI = Bronchopneumonie Infectieuse

BRSV = « *Bovine Respiratory Syncytial Virus* » ou Virus Respiratoire Syncytial Bovin

IPV3 = « *Influenza Para Virus 3* » ou Virus Para-Influenza 3

BVDV = « *Bovine Viral Diarrhea Virus* » ou Virus de la Diarrhée Virale Bovine

CoVb = « *Corona Virus Bovine* » ou Virus du Coronavirus Bovin

BEA = Bien Être Animal

BRD = « *Bovine Respiratory Disease* » ou Affections Respiratoires des Bovins

CALIF = « *California scoring chart* » ou Grille de scoring California

WSC = « *Wisconsin Scoring Chart* » ou Grille de scoring Wisconsin

TUS = « *Thoracic Ultrasonography* » ou Échographie Pulmonaire

Se = Sensibilité

Sp = Spécificité

ENP = Écouvillon Naso-pharyngé

LBA = Lavage Broncho-alvéolaire

EIC = Espace Inter Costal

qTus = « *quick Thoracic ultrasonography* » ou Échographie pulmonaire rapide

IAM = Inspection Ante Mortem

IPM = Inspection Post Mortem

DDCSP = Direction Départementale de la Cohésion Sociale et de la Protection des Populations

VPP = Valeur Prédictive Positive

VPN = Valeur Prédictive Négative

ATT = Aspiration Trans Trachéale

TABLE DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : Répartition des différentes affections selon les semaines d'engraissement en atelier de veau de boucherie (<i>Martineau. 2012</i>).....	15
<u>Figure 2</u> : Projection latérale gauche et droite des poumons chez les bovins (<i>Rosenberg et Al. 1979</i>)	21
<u>Figure 3</u> : Grille BRD1 détaillée du scoring California (<i>Love et Al. 2014</i>).....	24
<u>Figure 4</u> : Grille BRD 2 détaillée du scoring California (<i>Love et Al. 2014</i>).....	25
<u>Figure 5</u> : Grille BRD 3 détaillée du scoring California (<i>Love et Al. 2014</i>).....	25
<u>Figure 6</u> : Illustration anatomique de la correspondance entre les EIC thoraciques et les lobes pulmonaires chez les bovins (<i>Masset et Al. 2022</i>).....	29
<u>Figure 7</u> : Aspect physiologique des poumons et de la plèvre à l'échographie pulmonaire chez les bovins. (<i>Buczinski. 2009</i>).....	32
<u>Figure 8</u> : Limites crâniales et caudales d'exploration pulmonaire chez les bovins à droite. Crânial = artère et veine thoraciques internes, caudale = foie (<i>Herry et Masset, 2021</i>).....	33
<u>Figure 9</u> : Limite crâniale d'exploration pulmonaire chez les bovins à gauche = thymus (<i>Herry et Masset, 2021</i>).....	33
<u>Figure 10</u> : Présence d'un léger épanchement pleural entre les plèvres thoraciques à l'échographie pulmonaire chez un bovin (<i>Buczinski. 2009</i>).....	34
<u>Figure 11</u> : Lésion de consolidation au sein du parenchyme pulmonaire à l'échographie pulmonaire chez un bovin (<i>Buczinski. 2009</i>).....	35
<u>Figure 12</u> : Poumon consolidé et multiples alvéoles et bronches aérées à l'échographie pulmonaire chez un bovin (<i>Jung et Bostedt 2004</i>).....	35
<u>Figure 13</u> : Lésion de parenchyme pulmonaire atelectasié à l'échographie pulmonaire chez un bovin (<i>Buczinski. 2009</i>).....	37
<u>Figure 14</u> : Multiples abcès au sein du parenchyme pulmonaire à l'échographie pulmonaire chez un bovin (<i>Buczinski. 2009</i>).....	38
<u>Figure 15</u> : Visualisation d'artéfacts en queue de comète au niveau des plèvres thoraciques à l'échographie pulmonaire chez un bovin (<i>Buczinski, Atlas d'échographie des bovins</i>).....	38
<u>Figure 16</u> : Frise chronologique permettant de visualiser les moments de mise en place des différents traitements pendant le suivi vis à vis des visites, après la mise en lot	51
<u>Figure 17</u> : Repères anatomiques thoraciques à gauche et à droite pour la réalisation de l'échographie pulmonaire chez les bovins (<i>Masset et Al 2022</i>).....	53
<u>Figure 18</u> : Formule de calcul et grille d'interprétation du coefficient Kappa de Cohen (<i>Landis et Koch. 1977</i>).....	57
<u>Figure 19</u> : Formules de calcul de la sensibilité (Se), de la spécificité (Sp), de la valeur prédictive positive (VPP) et de la valeur prédictive négative (VPN).....	57
<u>Figure 20</u> : Exemple de tableau de contingence utilisé pour l'analyse statistique.....	57

TABLE DES TABLEAUX

<u>Tableau 1</u> : Description des performances de détection des 3 grilles du Scoring California.....	26
<u>Tableau 2</u> : Performances de détection et de diagnostic des scoring California et Wisconsin, en utilisant l'auscultation et l'échographie pulmonaire comme méthode de référence (<i>Love et Al. 2016</i>).....	26
<u>Tableau 3</u> : Performances diagnostiques des 2 scoring cliniques de l'étude citée (<i>Donlon et Al. 2024</i>).....	27
<u>Tableau 4</u> : Correspondance entre les EIC thoracique et les lobes pulmonaires chez les bovins (<i>Ollivett et Al. 2015</i>).....	29
<u>Tableau 5</u> : Points de repère et correspondance anatomique pulmonaire lors de la réalisation de la qTus (<i>Pardon. 2019</i>).....	30
<u>Tableau 6</u> : Lien entre des lésions de l'appareil respiratoire haut et bas provoquées par les principaux agents pathogènes des BPI, avec les images échographiques obtenues chez des veaux atteints de BPI.....	39
<u>Tableau 7</u> : Caractéristiques et résultats de différentes publications scientifiques ayant voulu évaluer l'intérêt de l'échographie pulmonaire chez les veaux pour le diagnostic des BPI.....	42
<u>Tableau 8</u> : Déroulé détaillé du protocole de l'étude, réalisé sur les 3 visites et à l'abattoir....	50
<u>Tableau 9</u> : Tableau de notation des anomalies échographiques observées pendant le suivi..	54
<u>Tableau 10</u> : Variables créées et utilisées pour la description des résultats des échographies pulmonaires.....	55
<u>Tableau 11</u> : Variables créées et utilisées pour la description des résultats de l'examen post mortem.....	56
<u>Tableau 12</u> : Caractéristiques des animaux inclus dans l'étude, de la mise en lot à l'abattage.....	59
<u>Tableau 13</u> : Répartition du nombre de veaux atteints entre chaque score des 5 signes cliniques évalués, selon les jours de visite, dans l'élevage A.....	61
<u>Tableau 14</u> : Répartition du nombre de veaux atteints entre chaque score des 5 signes cliniques évalués, selon les jours de visite, dans l'élevage B.....	61
<u>Tableau 15</u> : Répartition des scores totaux sur les 2 élevages, selon chaque jour de visite et sur le suivi.....	62
<u>Tableau 16</u> : Répartition du nombre de veaux en fonction des score totaux obtenus au scoring clinique, résultats en fonction des résultats du scoring clinique à chaque visite, par élevage.....	63
<u>Tableau 17</u> : Répartition du nombre de lésions échographiques selon leur nature, selon les élevages, à chaque visite et sur l'ensemble du suivi.....	64
<u>Tableau 18</u> : Répartition du nombre de veaux selon la taille de leur lésion de consolidation, performances épidémiologiques de l'échographie pulmonaire selon les résultats, par seuil, à chaque visite, dans chaque élevage.....	65
<u>Tableau 19</u> : Répartition du nombre de lésion par lobe touché, en fonction du seuil de taille de lésion de consolidation de 1cm ² et de 3cm ²	66
<u>Tableau 20</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 1cm ² à l'échographie à J0.....	67
<u>Tableau 21</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 1cm ² à l'échographie à J0.....	68

<u>Tableau 22</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 1cm ² à l'échographie à J7.....	68
<u>Tableau 23</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 1cm ² à l'échographie à J7	69
<u>Tableau 24</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 1cm ² à l'échographie à J21.....	69
<u>Tableau 25</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 1cm ² à l'échographie à J21.....	70
<u>Tableau 26</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 1cm ² à l'échographie sur le suivi.....	71
<u>Tableau 27</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 1cm ² à l'échographie sur le suivi.....	71
<u>Tableau 28</u> : Valeurs informatives de l'échographie pulmonaire vis à vis du scoring clinique selon les jours de visite et sur l'ensemble du suivi, à un seuil de 1cm ² pour une ou plusieurs lésions de consolidation.....	72
<u>Tableau 29</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 3cm ² à l'échographie à J0.....	74
<u>Tableau 30</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 3cm ² à l'échographie à J0.....	75
<u>Tableau 31</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 3cm ² à l'échographie à J7.....	75
<u>Tableau 32</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 3cm ² à l'échographie à J7.....	76
<u>Tableau 33</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 3cm ² à l'échographie à J21.....	76
<u>Tableau 34</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 3cm ² à l'échographie à J21.....	77
<u>Tableau 35</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 3cm ² à l'échographie sur le suivi.....	78
<u>Tableau 36</u> : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 3cm ² à l'échographie sur le suivi.....	78
<u>Tableau 37</u> : Valeurs informatives de l'échographie pulmonaire vis à vis du scoring clinique selon les jours de visite et sur l'ensemble du suivi, à un seuil de 3cm ² pour les lésions de consolidation.....	79
<u>Tableau 38</u> : Répartition des veaux selon les lésions détectées à l'échographie au seuil de 1cm ² et selon l'examen post mortem.....	81
<u>Tableau 39</u> : Répartition des veaux selon les lésions détectées à l'échographie au seuil de 3cm ² et selon l'examen post mortem.....	82
<u>Tableau 40</u> : Répartition des résultats vis à vis du lobe crânial droit, selon les observations faites à l'échographie pulmonaire et à l'examen post mortem.....	83
<u>Tableau 41</u> : répartition des résultats vis à vis du lobe moyen droit, selon les observations faites à l'échographie pulmonaire et à l'examen post mortem.....	83
<u>Tableau 42</u> : répartition des résultats vis à vis du lobe crânial gauche, selon les observations faites à l'échographie pulmonaire et à l'examen post mortem.....	84

INTRODUCTION

La filière française d'engraissement de veau dit « de boucherie » se divise en deux catégories : 94% de la production se fait en atelier spécialisé, et environ 6% se fait « sous la mère » (*FranceAgriMer, 2023*).

Les veaux élevés au pis sont uniquement de race allaitante. On les appelle « veaux sous la mère » car ils sont élevés avec leur mère, dont ils consomment le lait. Ne représentant qu'une minorité de la production en France, cette filière ne sera pas présentée ici. Les veaux non élevés au pis, majoritairement issus de la filière laitière, élevés « en atelier spécialisé » reçoivent une alimentation liquide à base de lait, entier ou reconstitué, ainsi qu'un apport d'aliment solide. De la paille ou d'autres fourrages apportant des fibres végétales sont proposés à tous les veaux. Cela permet de tenir compte de l'évolution physiologique de leur système digestif, notamment le rumen, devenant fonctionnel au fur et à mesure de la croissance du veau.

Les veaux élevés en ateliers spécialisés sont issus majoritairement de cheptels laitiers avec 35% des veaux laitiers partant en atelier spécialisé contre 6% des veaux allaitants, (*INTERBEV, 2023*), et majoritairement des mâles, soit environ 87% (*IDELE, 2023*). Il s'agit d'une production hors sol et les éleveurs travaillent principalement sous contrats avec des intégrateurs. Les intégrateurs sont des entreprises d'abattage, des entreprises laitières et des entreprises spécialisées dans la fabrication d'aliments d'allaitements. En France, on compte environ 2500 ateliers d'engraissement et une dizaine d'intégrateurs (Denkavit, Vandrie, VTL, Sicarev, SVA et d'autre), dont les deux principaux intégrateurs concentrent 56% des veaux intégrés (*FranceAgriMer 2023*).

La répartition des ateliers d'engraissement spécialisés est calquée sur le bassin laitier traditionnel français. Les régions Bretagne, Normandie, Pays de Loire représentent 50% de la production nationale en atelier spécialisé (*IDELE, 2023*).

Cette filière exploite des veaux de race laitière pure ou croisée (croisement dit industriel avec des races allaitantes type Limousine, Charolaise, INRA 95 etc.) dans 85% des cas. La part de veaux de race laitière pure est en diminution depuis 10 ans avec une augmentation de la part de veaux croisés (*IDELE, 2023*).

Les intégrateurs vont fournir aux éleveurs des veaux âgés de 15 jours à trois semaines d'âge pour un poids vif moyen de 56 kg. Ils fournissent également les aliments, assurent un suivi technique et sanitaire, la commercialisation des veaux et rémunèrent l'éleveur pour son travail. Les éleveurs assurent l'élevage des veaux en fournissant bâtiments et matériels nécessaires, en suivant un plan précis fourni par l'intégrateur, jusqu'à l'abattage des veaux. L'abattage a lieu après 150 jours, pour un poids vif de 260 kg environ, soit un poids carcasse moyen de 150 kg à la sortie (*IDELE, 2023*). La conduite se fait en bande unique très majoritairement, et l'abattage d'un lot se fait la même semaine. Toute affection à l'origine d'une diminution du Gain Moyen Quotidien (GMQ) et donc du poids carcasse sera économiquement pénalisante pour l'éleveur et l'entreprise intégratrice. Cette organisation de filière génère un risque morbide élevé. La mise en lot en centre de tri, la mise en lot en élevage, le transport, sont de multiples facteurs générant un stress physiologique important. De plus, il y a un brassage de microbiote, sexe et race différents.

Les indicateurs sanitaires en production de veaux de boucherie les plus récents datant de 2012 rapportent une prépondérance des troubles respiratoires collectifs dans tous les élevages. Deux périodes de forte incidence d'atteintes respiratoires sont constatées (*figure 1*) : autour de la troisième semaine d'engraissement, ainsi qu'autour de la 3-4ème quinzaine d'engraissement, lors de la mise en liberté. De plus, pour cette atteinte, sans prendre en compte la métaphylaxie médicamenteuse de démarrage, 2,2 traitements collectifs sont réalisés sur tous les veaux, associés à des traitements individuels effectués sur 24% des veaux. En comparaison, les autres traitements individuels concernent 7% des veaux pour le digestif, 4% pour le locomoteur et 5% pour d'autres raisons. On estime également un taux de rechute de 48% au premier traitement, questionnant l'efficacité réelle et la pertinence de la première molécule utilisée (*Martineau. 2012*).

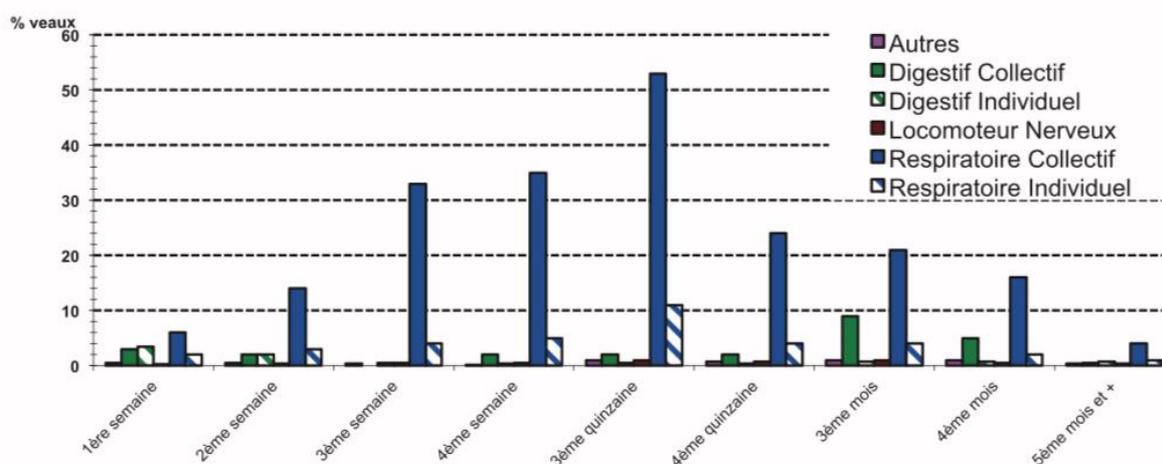


Figure 1 : Répartition des différentes affections selon les semaines d'engraissement en atelier de veau de boucherie (Martineau. 2012).

Les BPI sont des affections inflammatoires et infectieuses de l'appareil respiratoire des bovins. On dénombre de nombreux agents pathogènes viraux et bactériens à l'origine des BPI des bovins. Le virus respiratoire syncytial bovin (BRSV), le virus para-influenza 3 (IPV 3), le virus de la diarrhée virale bovine (BVDV), le coronavirus bovin (CoVB) et l'herpès virus 1 sont les virus les plus fréquemment rencontrés. D'autre part, *Mannheimia haemolytica*, *Histophilus somni*, *Pasteurella multocida* et *Mycoplasma bovis* sont les bactéries les plus fréquemment isolées. Ces agents pathogènes agissent en synergie et de manière séquentielle dans le temps, avec une infection virale en premier lieu dans la majorité des cas et une complication bactérienne dans 90% des cas (*Gaudino et Al. 2022*). Les bovins sont aussi prédisposés aux BPI, de par leur anatomie et de leur faible capacité physiologique d'échanges gazeux (*Veit et Farrell. 1978*).

Alors que le coût vétérinaire total s'élève à 15€ par veau de boucherie, les maladies respiratoires représentent le premier poste de dépense, estimé à 6.05€ par veau (45% du coût des produits vétérinaires délivrés avec ordonnance). Le digestif représente uniquement 6% des coûts, et le locomoteur/nerveux 4%. Une étude portant sur 3400 veaux a également mis en avant un impact économique lié aux performances croissance et d'abattage. Une diminution du GMQ de 68g/j sur toute la période d'engraissement, équivalent à 9 kg de poids vif perdu en fin d'engraissement, a été constatée sur les veaux atteints cliniquement de BPI.

Un impact sur le poids et la conformation de la carcasse a également été mis en avant chez les veaux ayant été malades pendant l'engraissement : poids carcasse inférieur de 6 kg, une note de conformation plus faible de 0,5 points et un état d'engraissement plus faible de 0,1 points (*Pesneau. 2008*).

Il est donc nécessaire de diagnostiquer les BPI précisément et précocement pour une prise en charge adaptée et limiter les conséquences zootechniques. En effet, une prise en charge tardive d'une BPI limite l'efficacité du traitement, et l'animal conserve alors des lésions pulmonaires, représentant une nuisance à son engraissement malgré le ou les traitements mis en place. De plus, une atteinte sévère prise en charge trop tardivement peut mener à une dégradation de l'état général du veau voire à sa mort. Une diminution des performances d'engraissement, notamment du GMQ, est observée chez des animaux traités tardivement, ou non traités (*Schneider et Al. 2009*).

Cette détection sur le terrain se fait par l'éleveur, qui suspecte une atteinte respiratoire à la suite de signes cliniques exprimés par l'animal. Les signes cliniques généraux d'une BPI sont du jetage nasal, de la toux, de la dyspnée, de la polypnée (*Grissett et Al. 2015*). Des signes vagues tels que de l'hyperthermie et une baisse de GMQ liée à de la dysorexie peuvent aussi être témoins d'une atteinte respiratoire, rendant cette détection terrain plus difficile et moins performante. De plus, les signes apparaissent tardivement après le début de l'infection. Une étude écossaise a voulu étudier le lien entre l'échographie pulmonaire et les traitements mis en place par les éleveurs contre les BPI. Seulement 24,5% des veaux atteints de BPI à l'échographie avaient reçu un traitement de la part des éleveurs, tandis que 7,5% des veaux non atteints à l'échographie avaient tout de même reçu un traitement de la part des éleveurs (*Baxter-Smith et Al. 2021*). Tout cela mène à un traitement tardif des animaux atteints, ou même à un traitement inutile d'un animal non atteint. La définition de Bien Être Animal stipule « ne pas souffrir d'inconfort » et « ne pas souffrir de douleurs, de blessures ou de maladies », de ce fait la prise en charge précoce d'un animal atteint contribue au maintien voir à l'amélioration de son bien-être. De plus, toute réduction de l'efficacité d'un traitement antibiotique via un mauvais usage des molécules (traitement inutile ou inadapté, traitement tardif et échec thérapeutique, mauvaise observance) est un mécanisme encourageant l'utilisation massive des antibiotiques et donc encourageant la sélection de populations bactériennes résistantes aux molécules antibiotiques, dans un contexte d'évolution des pratiques au travers des plan EcoAntibio 1, 2 et 3.

Afin d'aider les éleveurs dans la détection des BPI, plusieurs outils ont été mis à leur disposition. Tout d'abord, le scoring clinique permet de quantifier la gravité de l'atteinte clinique de l'animal. Utilisable au chevet du patient, rapide, nécessitant un peu de contention, le scoring clinique est une technique validée chez les veaux non sevrés (*Buczinski et Al. 2018*). De nombreuses grilles ont été développées par plusieurs universités tel que celle du Wisconsin, de Californie, de Québec inspirées ou non du score Californien. Ensuite, l'échographie pulmonaire, dont l'utilisation est préconisée chez le veau laitier, représente une avancée récente majeure dans la prise en charge des BPI. Également réalisable au chevet du patient avec le vétérinaire, elle permet de mettre en évidence les lésions pulmonaires résultant d'une atteinte par une BPI (*Buczinski et Al. 2013*).

De par leurs impacts sanitaires, zootechniques et donc économiques, les affections respiratoires représentent un pilier majeur de la production de veau de boucherie à maîtriser afin d'améliorer le bien-être des veaux, d'assurer un engraissement optimal et de limiter les

coûts de production. Leur détection précoce par l'éleveur et le vétérinaire passe par une observation de la clinique des animaux et de la mise en évidence des lésions chez les animaux atteints, cliniquement atteint ou non.

Les objectifs de cette étude sont d'évaluer la concordance de la clinique exprimée et des lésions échographiques observées selon différents seuils de taille de lésion échographique, de déterminer les valeurs informatives (sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et négative) de l'échographie pulmonaire à différents seuils de taille de lésions vis à vis de la clinique, d'évaluer la concordance des lésions observées lors de l'examen post mortem avec les lésions détectées à l'échographie pulmonaire à différents seuils de taille de lésions, de déterminer les valeurs informatives de l'échographie pulmonaire à différents seuils de taille de lésions vis à vis de l'examen post mortem, et enfin d'évaluer l'efficacité et l'intérêt des traitements collectifs et individuels mis en place sur la période de suivi.

De plus, un tutoriel manuscrit et vidéo pour l'aide à la réalisation de l'échographie pulmonaire chez le veau et un atlas d'images échographiques pulmonaires physiologiques et pathologiques seront mis à disposition des praticiens afin de les encourager à effectuer cet examen complémentaire non invasif pour l'animal.

Dans un premier temps, nous réaliserons une synthèse des connaissances actuelles sur les outils de détection des BPI, leurs performances, puis nous détaillerons la technique d'échographie pulmonaire, afin de la rendre accessible à tous les praticiens.

Dans un second temps, nous présenterons notre étude personnelle, faisant le lien entre le scoring clinique, la détection des lésions à l'échographie pulmonaire et les lésions présentes à l'examen post mortem, réalisé sur 102 veaux de deux ateliers de veau de boucherie, dans le but de rendre cet examen systématique (réalisé par le vétérinaire praticien, ou encore par un technicien de l'intégrateur) en début de période d'engraissement, afin de permettre la mise en place d'un traitement individuel précoce et sélectif, ainsi que de limiter l'impact sanitaire et zootechnique des BPI.

**PREMIÈRE PARTIE :
ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

Diagnostiquer précocement les affections respiratoires de type BPI au chevet du patient permet d'en limiter les impacts sanitaires et zootecniques. Dans cette partie, nous allons étudier les différentes méthodes disponibles pour diagnostiquer les atteintes respiratoires au chevet de l'animal.

1. L'examen clinique pour le diagnostic des bronchopneumonies infectieuses

1.1 L'examen à distance

Après le recueil des commémoratifs et de l'anamnèse, le vétérinaire procède à un premier examen clinique à distance. Il recherche des signes d'orthopnée, de jetage oculaire ou nasal (muqueux ou purulent, unilatéral ou bilatéral), ou encore des larmoiements. L'examen de la courbe respiratoire comprend le recueil de la fréquence respiratoire, du rythme et de l'amplitude. Il est nécessaire d'être attentif à des bruits spontanément audibles, dénommés cornage (reniflement, ronflement, râles, bourdonnement), ainsi qu'à de la toux. Une baisse d'activité, une dysorexie voire une anorexie, ou encore une baisse du GMQ sont également des signes de détection d'atteinte respiratoire chez les veaux. Ils sont moins spécifiques mais toujours sensibles, et ils sont exprimés car l'organisme tente de conserver de l'énergie pour les fonctions immunitaires (*Hart. 1988*).

On s'attend normalement hors maladie à une fréquence respiratoire comprise entre 20 et 50 mpm chez un veau (*Rosenberg et Al. 1979*). Le rythme respiratoire est défini par le rapport entre la durée de l'inspiration et de l'expiration, rapport devant être compris entre 1 et 1.2 (de l'ordre de 3/7, 4/7). L'amplitude de mouvements respiratoires étant assez faible physiologiquement, il faut être attentif pour distinguer correctement les mouvements au niveau de la paroi thoracique et abdominale. Le type de respiration normal correspond à une synchronisation costo-abdominale.

En cas d'atteinte respiratoire, le rythme peut se trouver modifié : disproportion des 2 phases, amplitude augmentée avec une respiration devenue pompante (lorsque le corps entier est ébranlé par les mouvements inspiratoires et expiratoires), discordance de la respiration avec la présence d'une dyspnée. Les atteintes entraînant un rétrécissement des voies respiratoires supérieures (bronchopneumonie) réduisent la surface respiratoire pulmonaire et provoquent une respiration de type costale avec un renforcement et un allongement de l'inspiration, on observe alors une dyspnée inspiratoire. Les atteintes emphysémateuses provoquent une respiration de type abdominale, avec un allongement et un renforcement de l'expiration, on a alors une dyspnée expiratoire (*Rosenberg et Al. 1979*).

1.2 L'examen rapproché

Dans le cadre de la détection d'une atteinte respiratoire infectieuse, la prise de température rectale est indispensable. L'hyperthermie (>39.5°C) est un signe fréquent, précoce mais non spécifique dans ce contexte, et dont la durée est variable selon l'agent et la réponse immunitaire de l'animal (*Grisett et Al. 2015*). Il faut cependant être conscient des nombreux facteurs pouvant influencer la température corporelle : stress, autres atteintes de l'organisme, température extérieure.

L'examen rapproché correspond également à l'inspection du mufle et des cavités nasales, de la trachée, de la cavité thoracique et des poumons.

En cas de BPI, le mufle qui est normalement humide, brillant, propre, peut présenter :

- Des modifications : mufle chaud, sec, œdématié
- Du jetage unilatéral ou bilatéral, dont la couleur, la consistance, et l'odeur doivent être vérifiées.

Un jetage nasal anormal est de couleur blanchâtre, rouge/brune, ou encore vert-gris. Une consistance anormale est glaireuse à floconneuse, ou encore granuleuse à fragmentaire, avec des éléments surajoutés. Une odeur anormale correspond à une odeur putride voire cadavérique.

À l'examen de la trachée, on va rechercher la présence ou non de bruits surajoutés à l'inspiration ou à l'expiration.

L'aire d'auscultation pulmonaire est ainsi définie par (*figure 2*) :

- Le champ pré scapulaire pour l'exploration des lobes apicaux : en avant du membre antérieur, d'une hauteur de 10-15 cm et d'une largeur de 2 à 3 doigts (*Rosenberg et Al. 1979*).
- Le champ thoracique pour l'exploration des lobes diaphragmatiques et cardiaques (surface en forme de triangle): le bord dorsal correspond au bas des muscles dorsaux (iliocostal), le bord crânial correspond à une ligne verticale suivant les muscles anconés, le bord caudal correspond à une ligne partant de la 11^{ème} côte à gauche et de la 12^{ème} côte à droite et passant par la 9^{ème} côte pour arriver à 2-3 doigts au-dessus du coude (*Rosenberg et Al. 1979*).

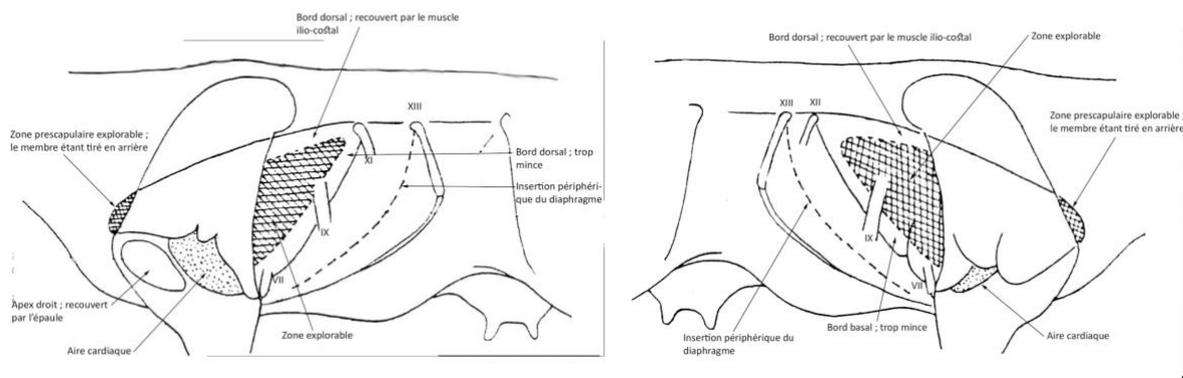


Figure 2 : Projection latérale gauche et droite des poumons chez les bovins (*Rosenberg et Al. 1979*)

L'auscultation pulmonaire, réalisée en balayant les espaces intercostaux de l'aire d'auscultation de haut en bas, permet de mettre en évidence des bruits respiratoires normaux ou anormaux: râles sifflants dus à la diminution du diamètre des bronches et aux bronchospasmes, râles ronflants dus à la présence de sécrétions/parasites/exsudats dans les bronches, craquements dus à une destruction alvéolaire isolée et irrégulière (bronchopneumonie suppurée ou fibrino-nécrotique), crépitations dues à la déchirure des parois alvéolaires, frottements dus aux phases congestives ou d'adhérence des pleurésies, voire même une forte atténuation ou absence complète de bruits liée à une pleurésie exsudative (*Rosenberg et Al. 1979*).

La percussion de la cage thoracique permet de mettre en évidence des bruits anormaux type étouffés, sub-mats ou mats, correspondant à du poumon moins aéré, rempli d'exsudat. Cela permet le cas échéant de mettre en évidence une pleurodynie, douleur à la percussion du thorax, évocatrice d'atteinte de type pleurésie.

Cependant, l'auscultation pulmonaire reste opérateur dépendante, et en manque de standardisation : certains auteurs considèrent qu'une simple augmentation des bruits pulmonaires normaux est un critère d'atteinte, tandis que d'autres considèrent que des bruits surajoutés en sont un.

Une étude utilisant l'échographie pulmonaire (positive en cas de lésions de consolidation de taille $\geq 1\text{cm}^2$) comme méthode de référence, a établi une sensibilité de 0,06, et une spécificité de 0,99 lorsque le praticien se base uniquement sur les bruits surajoutés comme critère d'atteinte pour diagnostiquer une BPI. Une seconde étude, dans les mêmes conditions et en ajoutant l'augmentation des bruits respiratoires comme critère d'atteinte, a établi une sensibilité et une spécificité de 0,73 et de 0,53 (*Buczinski et Al. 2016 a*).

Une autre étude utilisant également l'échographie pulmonaire (positive en cas de lésions de consolidation de profondeur $\geq 3\text{cm}$) comme méthode de référence, avec comme critère d'atteinte une auscultation présentant uniquement des bruits surajoutés tels que des sifflements/ronflements/augmentations des bruits bronchiques/friction pleurale, a permis une amélioration des performances dans la détection des BPI, avec une sensibilité de 0.82 et une spécificité de 0.91 (*Boccardo et Al. 2023*). Il est important de noter que 18% des veaux atteints restent non détectés et que 9% des veaux vont recevoir un traitement sans que cela soit nécessaire.

Conclusion sur l'examen clinique standard :

L'examen clinique des voies respiratoires hautes et basses des veaux est un outil clinique complet. Au vu du temps nécessaire pour sa réalisation, cet outil est adapté à une échelle individuelle, mais peu pour l'examen d'un grand lot de veaux dans lequel se trouvent des animaux atteints cliniquement, des animaux subcliniques et des animaux sains (en atelier de veau de boucherie par exemple). L'auscultation pulmonaire, en définissant comme critère d'atteinte la présence de bruits surajoutés, présente de bonnes performances pour le diagnostic des BPI chez les bovins (sensibilité de 0,82 et spécificité de 0,91).

2. Le scoring clinique

Le scoring clinique repose sur le principe de présence ou absence du/des signe(s) clinique(s) étudié(s), avec évaluation de l'intensité du signe clinique s'il est exprimé. Lorsque la contention est adaptée et que l'animal se laisse faire, il s'agit d'une méthode rapide pouvant être réalisée précocement au chevet de l'animal. De multiples grilles ont été développées pour simplifier le diagnostic des BPI en élevage, nous allons aborder les deux principales.

2.1 La Wisconsin Calf Respiratory Scoring Chart

2.1.1 Caractéristiques de la grille de scoring Wisconsin

Le score développé par l'université du Wisconsin est le premier à avoir été mis en place en 2008 (*McGuirk. 2008*). Ayant pour but de diagnostiquer les BPI chez les veaux, il comprend les critères suivants : température rectale, toux, jetage nasal, jetage oculaire, position des oreilles. Une note de 0 à 3 est attribuée à chaque critère, et tout veau dont le score clinique total est égal ou supérieur à 5 est considéré comme atteint de BPI (*annexe 1*).

- Température rectale : 0 (<38.6°), 1 (38.6-39°), 2 (39.1-39.6°), 3 (>39.6°)
- Toux : 0 (pas de toux), 1 (une seule toux induite), 2 (multiples toux induites ou toux spontanée occasionnelle), 3 (toux spontanée répétée)
- Jetage nasal : 0 (normal, jetage séreux), 1 (petite quantité de jetage trouble, unilatéral), 2 (bilatéral, jetage trouble ou jetage muqueux en quantité importante), 3 (jetage bilatérale mucopurulent en copieuse quantité)
- Jetage oculaire : 0 (normal), 1 (léger jetage oculaire), 2 (jetage oculaire bilatéral modéré), 3 (jetage oculaire bilatéral sévère)
- Port des oreilles : 0 (normal), 1 (mouvements des oreilles spontané), 2 (oreille légèrement tombante d'un seul côté), 3 (tête sévèrement penchée ou 2 oreilles tombantes)

Idéal et facilement réalisable avec un minimum de contention en cas d'atteinte individuelle, cependant en cas d'atteinte collective des moyens de contention plus conséquents sont nécessaires afin de pouvoir évaluer la toux et afin de prendre la température rectale.

2.1.2 Performances de la grille scoring Wisconsin

Une étude voulant évaluer les performances diagnostiques du scoring clinique avec la grille Wisconsin, en utilisant l'échographie pulmonaire comme gold standard (le veau était positif à l'échographie s'il présentait une lésion de consolidation ≥ 1 cm), a mis en évidence une sensibilité de 0.62 et une spécificité de 0.74 (*Buczinski et Al. 2015*).

Une autre étude a voulu évaluer l'effet opérateur sur cette grille de scoring. Les résultats de scoring clinique réalisés par une population composée d'1/3 de praticiens récemment diplômés et de 2/3 d'étudiants vétérinaires ont été analysés et comparés, et une concordance faible à modérée a été mise en évidence entre les signes cliniques, ainsi qu'entre les scores totaux. Chez des praticiens peu expérimentés ou chez des étudiants, le risque de

faux positifs et/ou de faux négatifs est accru, il est donc nécessaire de surveiller et valider les résultats obtenus (*Buczinski et Al. 2016 b*).

2.2 La California Scoring Chart

2.2.1 Caractéristiques de la grille de scoring California

Également développé pour le diagnostic des BPI chez les veaux en pré-sevrage par l'Université UC Davis, le score clinique California (*Aly et Al. 2014*) repose lui sur trois grilles, présélectionnant statistiquement les critères et les seuils adaptés, afin d'affiner le diagnostic.

La première grille (BRD 1) garde les critères du scoring Wisconsin : température rectale, toux, jetage nasal, jetage oculaire, port des oreilles, en ajoutant un 6ème critère qui est l'existence ou non d'une respiration anormale. Les critères toux, les 2 jetages et la respiration anormale sont alors dichotomisés en 0 = absence, 1 = présence de n'importe quel signe anormal. La température rectale est dichotomisée selon si elle est supérieure ou inférieure et/ou égale à 39,6°. Le port des oreilles est dichotomisé en 0 = normal, mouvement spontané, tête secouée et 1 = oreilles tombantes ou tête penchée (*figure 4*).

Signes cliniques	Score
Toux	Aucune
	N'importe quelle toux
Jetage nasal	Aucun
	N'importe quel jetage
Jetage oculaire	Aucun
	N'importe quel jetage
Position des oreilles	Normale, mouvements d'oreille involontaires, secoue la tête
	Oreilles tombantes, tête penchée
Température rectale	<39.2°C
	>=39.2°C
Respiration anormale	Absente
	Présente

Figure 3 : Grille BRD1 détaillée du scoring California (Love et Al. 2014)

La seconde grille (BRD 2) se base sur les mêmes critères que la grille BRD 1, en étant plus détaillée pour les critères de toux et de jetage nasal. Les critères de jetage oculaire, de port des oreilles, de température rectale et de respiration anormale gardent la même dichotomie. La toux est dichotomisée en 0 = pas de toux ou toux induite, 1 = toux spontanée occasionnelle ou répétée. Le jetage nasal est dichotomisé en 0 = absence, 1 = jetage léger/séveux/unilatéral, 2 = jetage modéré ou abondant/muqueux ou mucopurulent/bilatéral (*figure 5*).

Signes cliniques	Score
Toux	Aucune N'importe quelle toux
Jetage nasal	Aucun N'importe quel jetage
Jetage oculaire	Aucun N'importe quel jetage
Position des oreilles	Normale, mouvements d'oreille involontaires, secoue la tête Oreilles tombantes, tête penchée
Température rectale	<39.2°C ≥39.2°C
Respiration anormale	Absente Présente

Figure 4 : Grille BRD2 détaillée du scoring California (Love et Al. 2014)

La troisième grille (BRD 3) (figure 6) se base également sur les 6 critères évoqués ci-dessus. Les critères de jetage oculaire, de port des oreilles, de température rectale et de respiration anormale gardent la même dichotomie. Le critère de jetage nasal est simplifié, en revenant au même score que la grille BRD1 (0 = absence, 1 = présence). Le critère de toux est dichotomisé d'une troisième façon : 0 = pas de toux spontanée, 1 = toux spontanée occasionnelle ou répétée.

Signes cliniques	Score
Toux	Aucune N'importe quelle toux
Jetage nasal	Aucun N'importe quel jetage
Jetage oculaire	Aucun N'importe quel jetage
Position des oreilles	Normale, mouvements d'oreille involontaires, secoue la tête Oreilles tombantes, tête penchée
Température rectale	<39.2°C ≥39.2°C
Respiration anormale	Absente Présente

Figure 5 : Grille BRD3 détaillée du scoring California (Love et Al. 2014)

Les grilles BRD 1 et 2 déterminent l'animal comme atteint de BPI lorsque le score total est égal ou supérieur à 4. La grille BRD 3 quant à elle détermine un animal atteint de BPI lorsque le score total est égal ou supérieur à 5.

2.2.2 Performances de la grille de scoring California

La grille BRD 3 permet de réduire la manipulation des veaux en supprimant l'évaluation de la toux induite par l'opérateur (réduction du stress lié à moins de manipulation, limitation du risque de transmission d'agents infectieux entre les veaux). La différence avec la première grille est cependant subtile, et peut être source de confusion. Hormis pour le jetage nasal de la grille BRD 2, le système se veut plus facile à réaliser en simplifiant l'évaluation des critères en un système binaire, avec « présence ou absence » du signe évalué. Les données

enregistrées devenant quantitatives et non plus qualitatives, cela facilite l'analyse statistique en cas d'utilisation en ferme chez les veaux non sevrés. Les performances des trois grilles sont décrites dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Description des performances de détection des trois grilles du Scoring California

	BRD 1	BRD 2	BRD 3
Sensibilité	95.4%	92.8%	89.4%
Spécificité	88.6%	89.3%	90.8%

2.3 Comparaison des performances diagnostiques des deux grilles de scoring

Une étude terrain sur 100 veaux en pré-sevrage a évalué la concordance entre les deux systèmes de scoring cités ci-dessus. Les veaux ont été évalués avec les systèmes Wisconsin et California, et la concordance entre les deux systèmes a ensuite été évaluée. Le coefficient de concordance Kappa étant de 0.85 entre les deux systèmes, cela témoigne d'une très bonne concordance entre les deux systèmes de scoring (Aly et Al. 2014).

Une étude portant sur 536 veaux malades et sains, sur cinq fermes Californiennes, a cherché à évaluer les performances de détection, de diagnostic ainsi que la spécificité des deux systèmes de scoring mentionnés ci-dessus, en utilisant comme gold standard l'échographie pulmonaire et l'auscultation pulmonaire. La sensibilité de détection correspond à la capacité du test pour établir la prévalence des BPI dans un lot de veaux, tandis que la sensibilité de diagnostic correspond à la capacité du test à correctement diagnostiquer les cas de BPI. Les performances sont décrites dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Performances de détection et de diagnostic des scoring California et Wisconsin, en utilisant l'auscultation et l'échographie pulmonaire comme méthode de référence (Love et Al. 2016).

	Scoring California	Scoring Wisconsin
Sensibilité de détection	46.8%	46%
Sensibilité de diagnostic	72.6%	71.1%
Spécificité	87.4%	91.2%

Ces scoring cliniques peuvent être considérés comme peu fiables afin de correctement établir une prévalence de BPI au sein d'un lot de veaux étant donné qu'un animal atteint de BPI subclinique ne sera pas détecté comme malade (sensibilité de détection <50%), plutôt fiables lorsqu'il s'agit d'établir un diagnostic de BPI chez un animal présentant des signes cliniques compatibles (sensibilité de diagnostic moyenne 71.9%), et fiables pour déclarer un animal comme non atteint de BPI s'il ne présente pas de signes cliniques compatibles (spécificité moyenne 89,3%) (Love et Al. 2016).

Une étude irlandaise portant sur 1936 veaux, utilisant l'échographie pulmonaire comme méthode de référence, a voulu évaluer via un modèle bayésien les performances diagnostiques de ces deux scoring dans un environnement tempéré. Cinq interprétations du scoring Wisconsin et une interprétation du scoring California ont été réalisées. Le scoring clinique Wisconsin présente une meilleure sensibilité : sensibilité moyenne de la grille Wisconsin de 0.683 comparée à la sensibilité moyenne de la grille California de 0.559. Le scoring California présente une meilleure spécificité : spécificité moyenne de la grille California de 0.954 comparé à la spécificité moyenne de la grille Wisconsin de 0.923. Le tableau 3 suivant résume les sensibilités et spécificités obtenues après deux modèles bayésiens (Donlon et Al. 2024).

Tableau 3 : Performances diagnostiques des deux scoring cliniques obtenues par l'étude citée (Donlon et Al. 2024).

Diagnostic test	Prior β		Posterior	
	Se	Sp	Se	Sp
CALIF	(22.6, 13.5) (1, 1)	(176.0, 48.0) (1, 1)	0.563 (0.452, 0.681) 0.555 (0.402, 0.715)	0.919 (0.899, 0.937) 0.989 (0.974, 1)
WCS	(9.8, 5.6) (1, 1)	(138.8, 18.5) (1, 1)	0.693 (0.569, 0.821) 0.673 (0.524, 0.835)	0.907 (0.881, 0.931) 0.952 (0.930, 0.973)
TUS	(27.6, 10.7) (27.6, 10.7)	(89.3, 8.4) (89.3, 8.4)	0.725 (0.611, 0.829) 0.652 (0.544, 0.761)	0.948 (0.927, 0.967) 0.949 (0.928, 0.968)

CALIF = scoring clinique California, WCS = scoring clinique Wisconsin, TUS = l'échographie thoracique, Se = sensibilité, Sp = spécificité

La difficulté de la détection des BPI via un système de score clinique provient du fait qu'il n'existe pas de méthode de référence en ante mortem. De nombreuses études ont comparé le scoring clinique avec l'échographie pulmonaire, des écouvillons nasopharyngés (ENP), des lavages broncho-alvéolaires (LBA), mais la vraie méthode de référence reste l'examen nécropsique des poumons réalisé immédiatement après les observations faites du vivant de l'animal. De plus, les modèles expérimentaux d'infections sont intéressants pour obtenir une population infectée et non infectée, mais restent limités à une certaine association de pathogènes (Pardon et Buczinski. 2020).

Conclusion de la partie bibliographique sur le scoring clinique :

Le scoring clinique, par son utilisation simple et rapide au chevet de l'animal, nécessitant moins d'investissement matériel que l'échographie pulmonaire, est un outil pertinent dans le cadre du diagnostic des BPI chez les veaux non sevrés. Cependant, de nombreuses interprétations (jusqu'à cinq pour le scoring clinique Wisconsin et, trois grilles dans le scoring clinique California) sont décrites dans la littérature, ce qui peut générer de la confusion chez les praticiens.

Aussi, il est nécessaire de noter que cet examen possède des sensibilités moyennes pour la détection et le diagnostic des BPI, le rendant assez fiable sans pour autant le rendre indispensable. L'utilisation d'autres outils de détection associés au scoring clinique peut être nécessaire afin d'affiner les résultats sur le terrain.

3. L'échographie pulmonaire chez le veau

L'échographie thoracique des bovins permet l'observation des structures cardiaques, des plèvres, et du parenchyme pulmonaire adjacent. Dans ce travail de thèse, nous allons nous focaliser sur les structures pulmonaires. Ces dernières peuvent être affectées à des degrés divers lors de pneumonie, de pleurésie, d'abcès pulmonaire ou de pneumothorax.

3.1 Réalisation pratique de l'échographie pulmonaire chez le veau

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte afin d'échographier correctement les poumons d'un veau ou d'un bovin adulte.

3.1.1 Choix de la sonde et de la fréquence

Chez un veau, la profondeur d'examen reste superficielle, de l'ordre de 6 à 8 cm de profondeur. Il faut donc choisir des sondes capables d'émettre à des fréquences comprises entre 6 et 10 MHz. Les sondes linéaires haute fréquence et hybrides semi convexes (les mêmes que celles utilisées en reproduction par les praticiens sur le terrain) à basse et moyenne fréquences sont suffisantes et adaptées pour ce genre d'examen (*Herry et Masset. 2021*).

Chez un bovin adulte, la profondeur d'examen nécessaire est supérieure, de l'ordre de 10 à 20 cm (selon l'épaisseur de la paroi thoracique, du type racial et de l'état d'engraissement). Une sonde convexe sectorielle à basse et moyenne fréquence peut être adaptée pour ce genre d'examen, mais ne permettra pas l'exploration des tissus en région axillaire.

3.1.2 Contention et préparation

La contention va dépendre de l'âge et du poids de l'animal. Chez le jeune ou très jeune veau, une contention minimale est suffisante : idéalement avec une aide contenant le veau avec une main sous l'auge et une main sous la base de la queue, enroulant légèrement le veau autour de ses jambes selon le côté examiné, pendant que le praticien réalise l'échographie pulmonaire.

Pour un veau plus âgé ou un bovin adulte, il est nécessaire d'attacher l'animal soit au cornadis, soit entre deux barrières, soit dans une cage de contention. La partie ventro-crâniale du thorax reste limitée d'accès, il est nécessaire d'éviter de se coincer la main contre un tube ou une barrière. On peut rajouter une contention avec une corde afin de tirer le membre thoracique vers l'avant pour dégager l'accès au lobe moyen droit, à la partie caudale du lobe crânial droit ou à la partie caudale du lobe crânial gauche.

Dans plusieurs études, chez le jeune veau, aucune tonte n'est réalisée sans pour autant impacter la qualité de l'image obtenue. Cependant si le poil est trop épais ou sale (souvent le cas chez des animaux plus âgés) une tonte de la zone d'examen est nécessaire. On applique ensuite du gel échographique ou de l'alcool à 70° (un lavage de la peau à l'eau savonneuse peut être envisagé chez un bovin adulte coopératif) pour améliorer le contact entre la peau et la sonde. Il est important de noter que théoriquement, le gel échographique abîme moins la sonde, mais met plus de temps à pénétrer dans les tissus. L'alcool est très souvent préféré car il permet un examen immédiat et il est souvent utilisé sur des animaux non rasés quand le poil est court (*Buczinski. 2009*).

3.1.3 Repères anatomiques

La zone de projection du poumon est délimitée par le 10^{ème} espace intercostal (EIC) caudo-dorsalement, et par le 1^{er} EIC à droite ou le 2^{ème} EIC à gauche ventro-crânialement.

Le tableau 4 ci-dessous résume le rapport entre les EIC thoraciques et les lobes pulmonaires correspondant. La figure 7 ci-dessous illustre quant à elle la correspondance entre les EIC thoraciques et les lobes pulmonaires sous-jacents.

Tableau 4 : Correspondance entre les EIC thoracique et les lobes pulmonaires chez les bovins (Ollivett et Al. 2015)

	Lobes pulmonaires			
	Caudal	Moyen	Partie caudale lobe crâniale	Partie crâniale lobe crâniale
EIC Droit	6-10	5	3-4	1-2
EIC Gauche	6-10		4-5	2-3

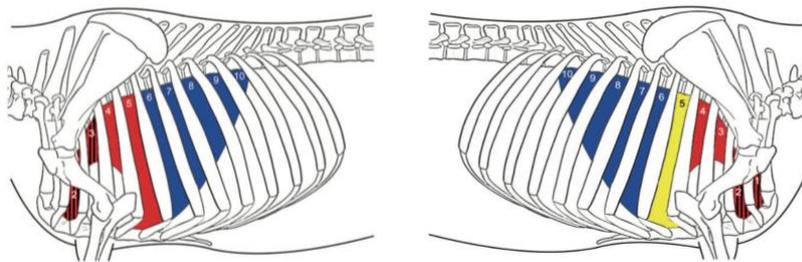


Figure 6 : Illustration anatomique de la correspondance entre les EIC thoraciques et les lobes pulmonaires chez les bovins (Masset et Al. 2022)

À droite, les artères et veines thoraciques internes constituent la limite crâniale d'exploration. Caudalement, on retrouve le foie et l'omasum. À gauche, le foie, le réseau et le rumen constituent la limite caudale d'exploration. Jusqu'à l'âge de 3-4 mois, l'exploration complète de l'aire de projection est possible. Avec l'âge, les EIC 1 à 3 deviennent plus difficiles d'accès, et les EIC 4 et 5 peuvent être observés si le membre pelvien est tiré vers l'avant.

3.1.4 Déroulement de l'échographie

Lors d'un diagnostic individuel, l'objectif est de détecter l'ensemble des anomalies à l'échographie pulmonaire afin d'évaluer le degré d'intensité de l'atteinte, et de mettre en place le traitement adapté afin d'en maximiser l'efficacité. De ce fait, la sensibilité et la spécificité de l'échographie doivent être maximisées, l'ensemble de l'aire d'examen pulmonaire doit donc faire l'objet d'un examen échographique complet.

Dans un cadre de diagnostic collectif, l'objectif est de détecter des lésions significatives sur les lobes statistiquement les plus atteints chez des animaux cliniquement malades ou atteint de BPI subclinique, afin de mettre en place un traitement collectif dans le but de limiter la dissémination des agents pathogènes. Dans ce cadre, la sensibilité et la spécificité diagnostique de cet examen sont diminuées. Nous allons donc nous pencher sur 2 approches décrites dans la littérature, une approche complète et une approche localisée.

3.1.4.1 La technique classique

La technique dite classique balaie l'ensemble de l'aire de projection des poumons. L'examen est réalisé en positionnant la sonde de façon verticale dans chaque EIC. L'inspection de chaque EIC se fait en balayant dans une direction dorso-ventrale, du plus caudal au plus ventral ou inversement. Les préférences de réalisation de l'opérateur ne rapportent pas d'impact sur le diagnostic échographique (*Buczinski et Al. 2013*).

L'orientation correcte de la sonde est primordiale pour une bonne visualisation des tissus d'intérêt. Lors du balayage d'un EIC, on peut fréquemment perdre la plèvre et la réorientation de la sonde est nécessaire pour continuer l'examen. Celle-ci doit être correctement orientée dorso-ventralement, avec plus ou moins la nécessité d'appuyer sur la base ou le bout de la sonde crânio-caudalement en effectuant une légère rotation de la sonde sur elle-même. Pour plus détails, le tutoriel vidéo permet de visualiser les explications ci-dessus.

Chez le veau, afin de visualiser les EIC les plus crâniens, une abduction du coude est réalisée afin de passer la main entre le membre et la paroi thoracique. Chez l'adulte, le membre thoracique est tiré en avant.

Une autre technique d'échographie pulmonaire a été mise au point par l'université de Gent, plus rapide et ne balayant pas l'ensemble de l'aire d'exploration des poumons à l'échographie : la quick Thoracic ultrasonography, ou qTus.

3.1.4.2 La quick thoracic ultrasonography

Cette technique a été mise au point par Thomas Lowie et Bart Pardon de l'université de Gent en Belgique, à la demande des praticiens se plaignant du temps d'examen nécessaire pour réaliser une échographie pulmonaire classique. Un algorithme analysant les résultats d'échographies pulmonaires classiques a désigné les zones thoraciques les plus susceptibles d'être porteuses de lésions. La qTus consiste à n'effectuer qu'un seul mouvement caudo-crânial, en ne scannant que la partie ventrale de chaque EIC, entre le 9^{ème} EIC et le 2^{ème} EIC de chaque côté (*Pardon. 2019*). Le tableau 5 décrit les points de repère utilisés pour la réalisation d'une qTus.

Tableau 5 : points de repère et correspondance anatomique pulmonaire lors de la réalisation de la qTus (Pardon. 2019).

Points de repères	Gauche	Droite
Départ (8-9 ^{ème} EIC)	Dorsal = poumons Milieu = rate Ventral = rumen	Dorsal = poumons Ventral = foie
Point de passage au niveau du cœur (4-5 ^{ème} EIC)	1 ^{ère} moitié : cœur 2 ^{ème} moitié : poumons	1 ^{ère} moitié : cœur 2 ^{ème} moitié : poumons
Fin	Artère et veine thoracique interne	Artère et veine thoracique interne

Ne prenant qu'une minute par examen pour un opérateur expérimenté (jusqu'à deux minutes pour un opérateur découvrant la technique), elle est plus rapide qu'une technique scannant l'entièreté de chaque EIC qui prend cinq à six minutes. Une grille d'évaluation des résultats simplifiée a été proposée (A = artéfacts de réverbération, B = quelques queues de

comète, C = nombreuses queues de comète (diffuses), D = consolidation), et un seuil de 1cm² ou plus a été choisi pour désigner une lésion de consolidation comme significative. Le gold standard de cette expérimentation était une échographie pulmonaire complète. Pour un opérateur expérimenté, une sensibilité de 82.7% et une spécificité de 93.8% ont été obtenues. Pour un opérateur novice, la sensibilité moyenne obtenue était de 53.1% et la spécificité moyenne obtenue était de 92.6%. Cette technique, plus rapide, nécessite cependant une ou plusieurs séances pour apprendre à correctement l'utiliser et à reconnaître les lésions significatives (*Pardon. 2009*).

3.4.1.3 L'approche limitée aux lobes crâniens et moyens.

Une équipe française a également voulu tester une approche plus ciblée, se calquant sur le modèle physiopathologique de développement des BPI chez les veaux. Cette technique ciblée a été décrite dans le travail de Masset et Al en 2022, en atelier de veau de boucherie, une et deux semaines après leur arrivée en atelier. Chez les veaux, à la suite d'une infection aérienne par des agents pathogènes bactériens, les lésions pulmonaires se développent d'abord au niveau des lobes crâniens avant de s'étendre aux lobes caudaux (*Dagleish et al. 2010*). De plus, les différentes études sur l'échographie pulmonaire dans la littérature décrivent les lobes crâniens comme lieux préférentiels des lésions pulmonaires (*Ollivett et Al. 2015*).

L'équipe française a voulu tester une approche alternative en ciblant une partie précise du thorax (crâniale (EIC 1 et 2 à droite, EIC 2 et 3 à gauche), milieu (EIC 3 à 5 à droite et EIC 4 et 5 à gauche), crâniale + milieu), en utilisant comme gold standard l'échographie complète des poumons. Un seuil de 1cm² a également été utilisé pour définir une lésion de consolidation comme significative. À l'instar de la technique décrite précédemment, l'ensemble des EIC ont été balayés de haut en bas avec la sonde échographique. Les sensibilités relatives obtenues sont très bonnes : l'examen de la partie crâniale uniquement a obtenu une sensibilité relative de 93%, et l'examen des parties crânielles et du milieu a obtenu une sensibilité relative moyenne de 99%. Cette technique, plus rapide qu'une échographie pulmonaire complète, réalisée par un opérateur expérimenté, permet d'obtenir une meilleure sensibilité que la qTus. Concernant la réalisation, les auteurs ont estimé que le temps nécessaire pour la contention du veau, la tonte, la réalisation de l'échographie et l'enregistrement des données était de six à sept minutes (*Masset et Al. 2022*).

Conclusion de des différentes techniques d'échographie pulmonaire chez le veau :

Plusieurs techniques permettent d'aborder l'examen échographique des poumons chez les veaux, plus ou moins rapide, permettant de répondre à la demande des praticiens dans un cadre de diagnostic des BPI, que cela soit face à un cas de médecine individuelle ou de médecine collective. Cependant, les résultats obtenus avec chaque technique ne permettent pas encore d'établir un véritable consensus sur la technique idéale alliant rapidité et précision diagnostic.

3.2 L'interprétation des images échographiques

3.2.1 Aspect échographique des poumons et de la plèvre sains (*figure 7*)

Tandis que la peau, le tissu conjonctif sous cutané et les muscles intercostaux sont facilement visualisables à l'échographie, trois critères sont à vérifier lors de l'examen échographique du poumon d'un bovin :

- L'intégrité des plèvres, et le mouvement de va et vient de la plèvre viscérale par rapport à la plèvre pariétale fixe (lié à la respiration).
- L'intégrité de l'espace pleural, physiologiquement non visualisable.
- Le parenchyme pulmonaire adjacent à la paroi thoracique, normalement invisible à l'échographie.

3.2.1.1 Les plèvres

La ligne pleurale, très hyperéchogène, correspond à la superposition des plèvres pariétales et viscérales. En condition physiologique, elle est homogène sur l'ensemble de l'aire d'exploration.

3.2.1.2 Le parenchyme pulmonaire

Le parenchyme pulmonaire, immédiatement sous-jacent à la ligne pleurale, riche en air, réfléchit les ultrasons et n'est donc pas visualisable à l'échographie.

Un phénomène de réverbération des ondes entre ces deux surfaces très échogènes et parallèles entre elles provoque alors une image en miroir ou artéfact de réverbération. On observe la ligne pleurale hyperéchogène ainsi que des lignes sous-jacentes hyperéchogènes parallèles et équidistantes dont l'échogénicité s'atténue avec la profondeur.

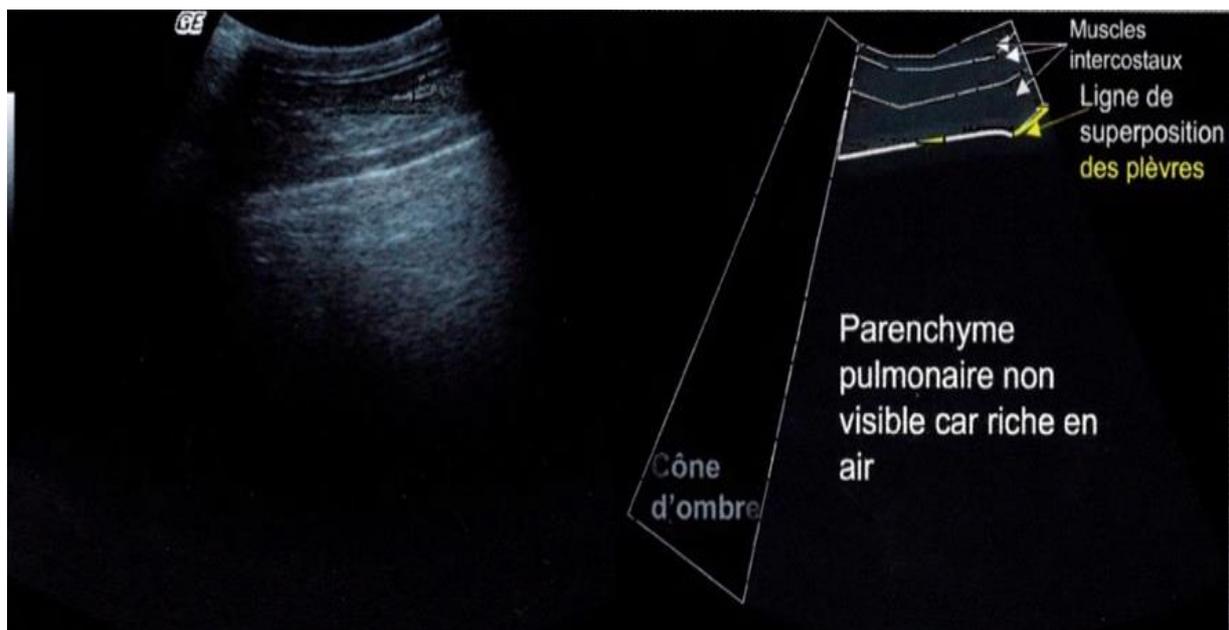


Figure 7 : aspect physiologique des poumons et de la plèvre à l'échographie pulmonaire chez les bovins (Buczinski. 2009)

3.2.1.3 Les limites d'exploration (figure 8 et 9)

À droite, la limite crâniale d'exploration pulmonaire correspond à deux vaisseaux circulaires adjacents : l'artère et la veine thoracique interne. Caudalement, la visualisation du foie et de l'omasum indique la limite de la zone d'exploration.

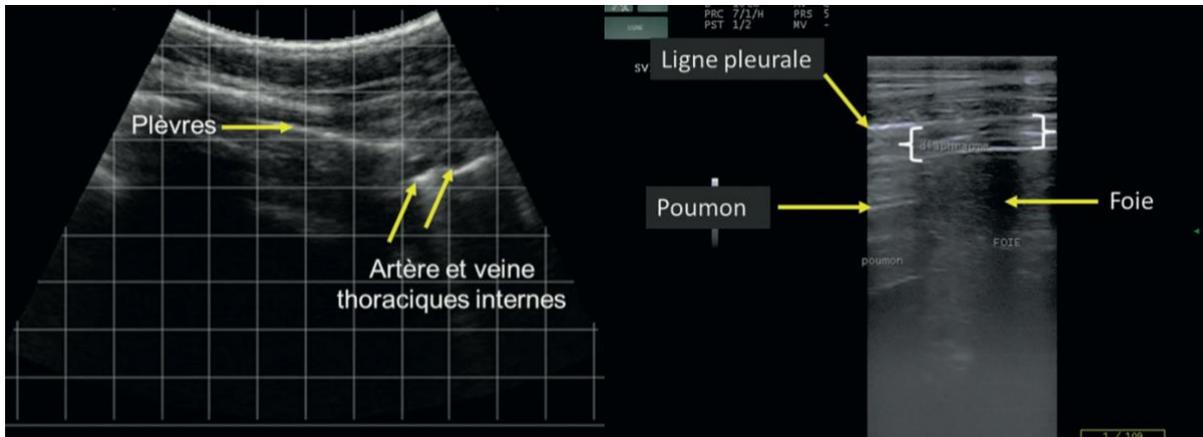


Figure 8 : Limites crâiales et caudales d'exploration pulmonaire chez les bovins, crâniale = artère et veine thoraciques internes, caudale = foie (Herry et Masset. 2021)

À gauche, il est important de garder en tête que le thymus peut être présent, ventro-crâialement au cœur. Il apparaît comme un tissu bien délimité, de forme quasi circulaire, de taille très variable d'un veau à l'autre, d'échogénicité tissulaire homogène. Il peut alors être confondu avec un foyer de consolidation.

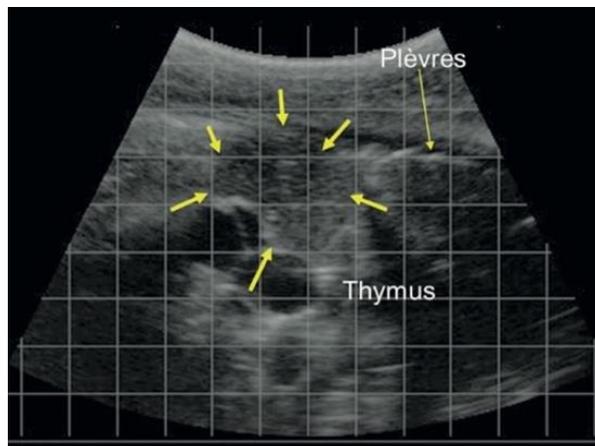


Figure 9 : limite crâniale d'exploration pulmonaire chez les bovins à gauche = thymus (Herry et Masset. 2021).

3.2.2 Aspect échographique des poumons et de la plèvre en cas de lésion

3.2.2.1 Les lésions pleurales (figure 10)

L'épanchement pleural est échographiquement caractérisé par une séparation des deux plèvres par un espace contenant du liquide d'échogénicité variable. Le liquide est anéchogène si pauvre en cellules (transsudat pur ou modifié), plus ou moins échogène, ponctué de multiples ponctions hyperéchogènes selon sa richesse en cellule (exsudat

septique, pus). Par gravité, l'épanchement pleural s'accumule ventralement, mais selon la quantité de liquide, il peut aussi être visualisé en portion dorsale.

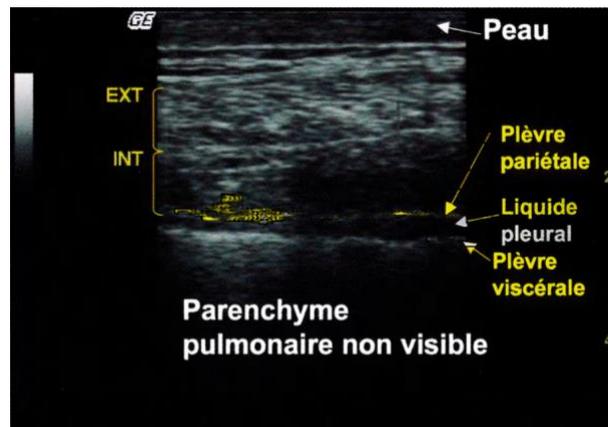


Figure 10 : Présence d'un léger épanchement pleural entre les plèvres thoraciques à l'échographie pulmonaire chez un bovin (Buczinski. 2009)

Des décollements de la plèvre peuvent être observés autour de lésions du parenchyme pulmonaire.

Une pleurésie peut également entraîner des dépôts fibrineux se traduisant par des bandes échogènes à hyperéchogènes, plus ou moins épaisses, et accolées aux plèvres ou flottant au sein de l'épanchement moins échogène. Une pleurésie ou un processus peuvent entraîner un aspect irrégulier de la plèvre pariétale.

Le pneumothorax correspond échographiquement à un mouvement de glissement pleural qui n'est plus visualisable. On observe uniquement une image en miroir immobile, résultante d'une accumulation d'air entre les plèvres.

3.2.2.2 Les lésions pulmonaires (figure 11)

Seules les lésions directement adjacentes aux plèvres sont visibles, les autres lésions plus profondes sont masquées par le parenchyme aéré superficiellement.

- Les consolidations : elles correspondent à une zone du poumon qui n'est plus aérée. Le parenchyme pulmonaire prend alors un aspect hypoéchogène, proche du parenchyme hépatique par exemple. Elles peuvent être conséquences de comblement inflammatoire des alvéoles sans pour autant savoir si le phénomène est actif ou inactif, ou de foyers d'atélectasie liés à un défaut d'insufflation d'alvéoles post natales chez le veau ou secondaires à un épanchement pleural chez l'adulte, ou encore des masses types tumorales ou granulométtries tuberculeux.

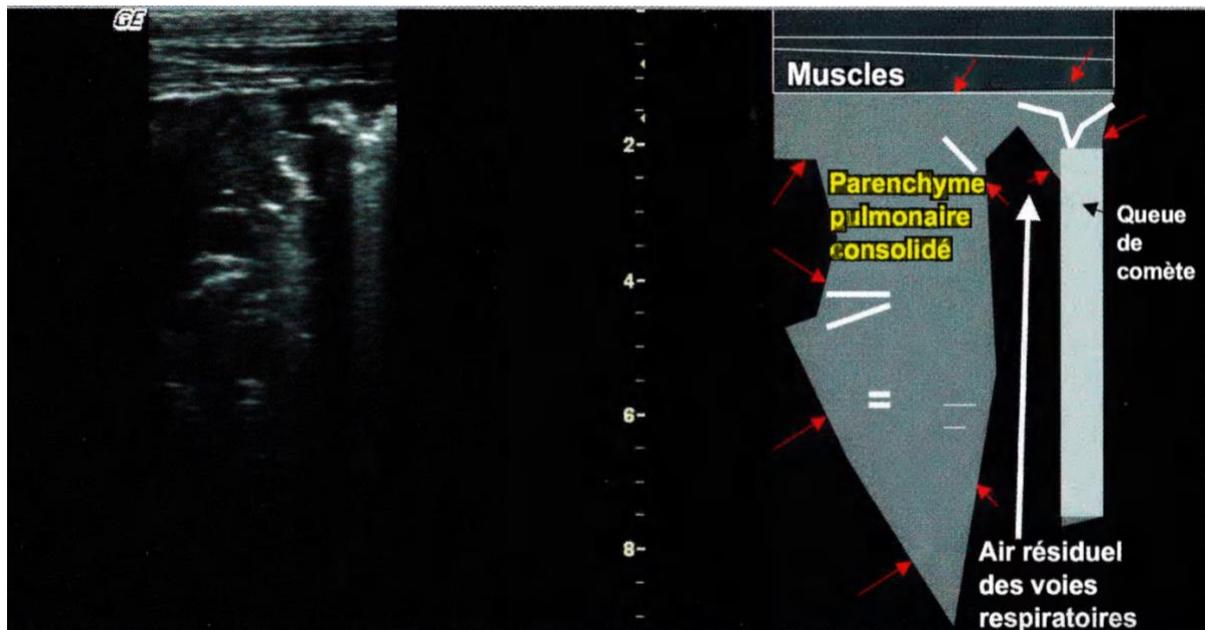


Figure 11 : Lésion de consolidation au sein du parenchyme pulmonaire à l'échographie pulmonaire chez un bovin (Buczinski. 2009)

- Les lésions de bronchopneumonie bactérienne type bronchoaérogramme et bronchogramme de fluides sont secondaires (*figure 12*). Elles sont souvent observées au sein des lésions de consolidation. Il s'agit de petits foyers hyperéchogènes avec des artéfacts en queue de comète sous-jacents, traduisant la présence de bulles de gaz prisonnières de petites bronches. Le bronchogramme de fluide correspond à la visualisation de bronches remplies de liquide ainsi que leur paroi, on voit alors une structure circulaire anéchogène délimitée par de fines parois hyperéchogènes.

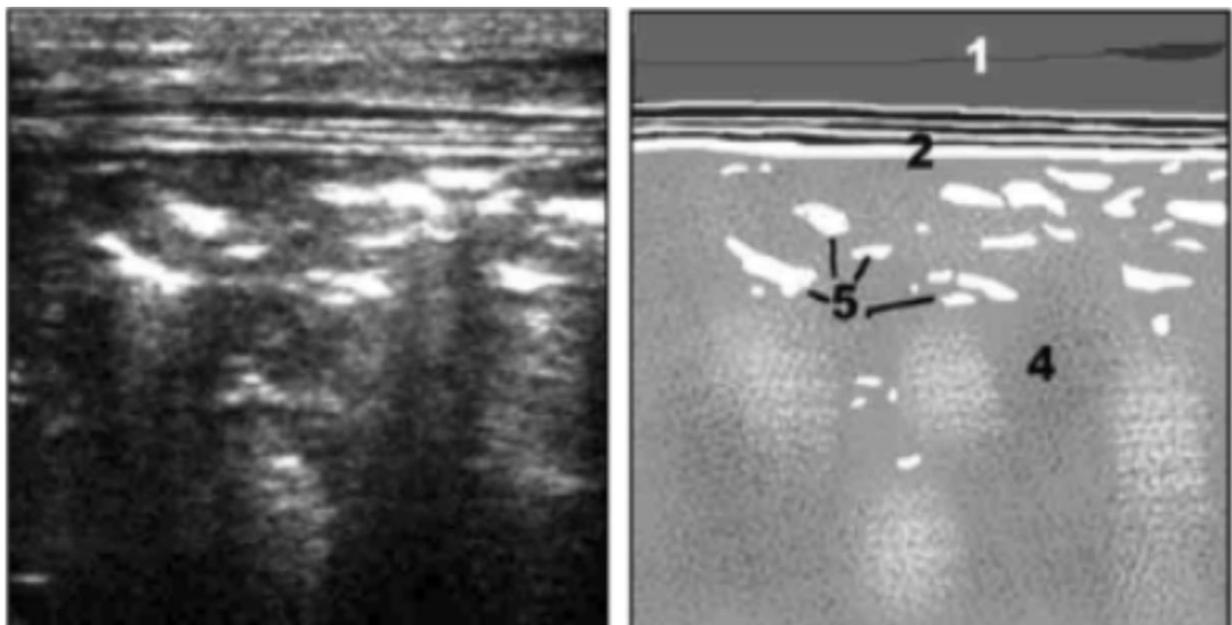


Figure 12 : Poumons consolidés et multiples alvéoles et bronches aérées à l'échographie pulmonaire chez un bovin (Jung et Bostedt. 2004)

- Une lésion d'atélectasie (*figure 13*) est obtenue suite à une augmentation de la pression dans la cavité pleurale ou un pneumothorax, ou suite à une incapacité à insuffler correctement le poumon lors d'obstruction bronchique, ou chez un veau nouveau-né ayant inspiré un volume important de liquide amniotique. Le lobe pulmonaire apparaît aplati, plus petit qu'un lobe normal, de forme triangulaire et aux contours bien définis.

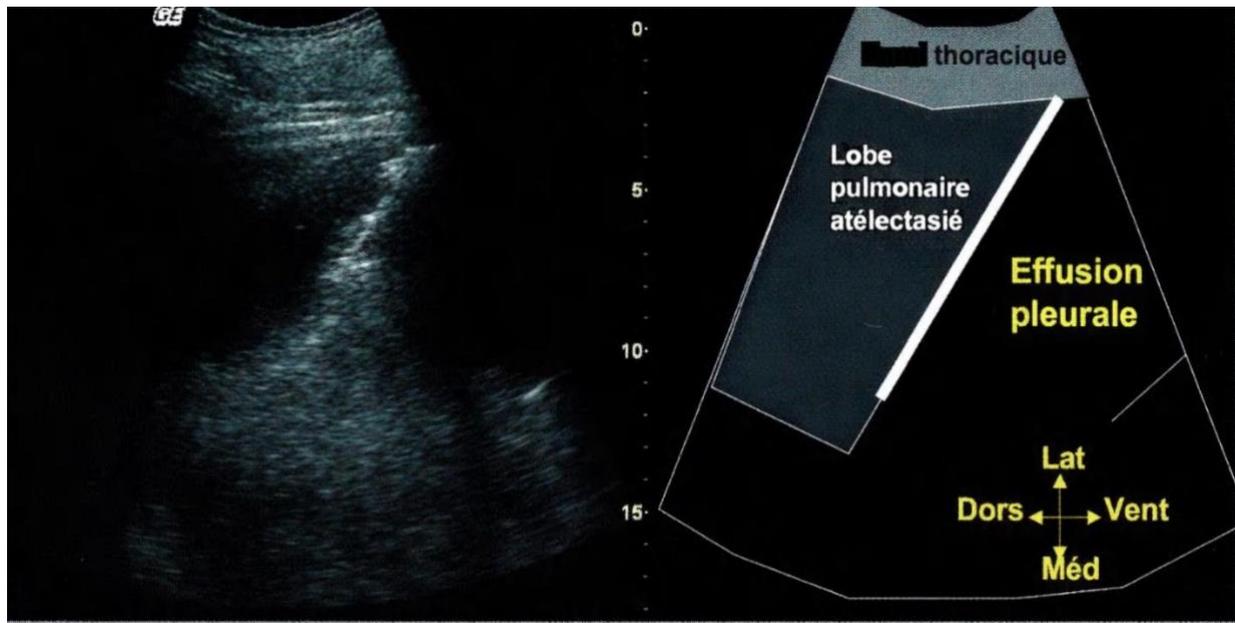


Figure 13 : lésion de parenchyme pulmonaire atelectasié à l'échographie pulmonaire chez un bovin (Buczinski. 2009)

- Les masses et nodules (*figure 14*) ne sont des lésions visibles que si elles se trouvent immédiatement adjacentes à la plèvre ou au sein d'un lobe pulmonaire consolidé. Ces lésions mesurent environ 1 cm de diamètre. Les nodules pulmonaires liés aux BPI sont de petits abcès, de petits foyers de consolidation ou de petites zones nécrotiques. Cela peut aussi être des métastases, correspondant à des alvéogrammes superficiels, des lésions circulaires, qui sont hypo ou anéchogènes. En cas de masses ou de nodules de plus gros volume, on peut avoir affaire à des séquestres, des tumeurs, des granulomes, des hématomes, ou encore des abcès (structures circulaires, à contour bien défini, contenu d'échogénicité variable).

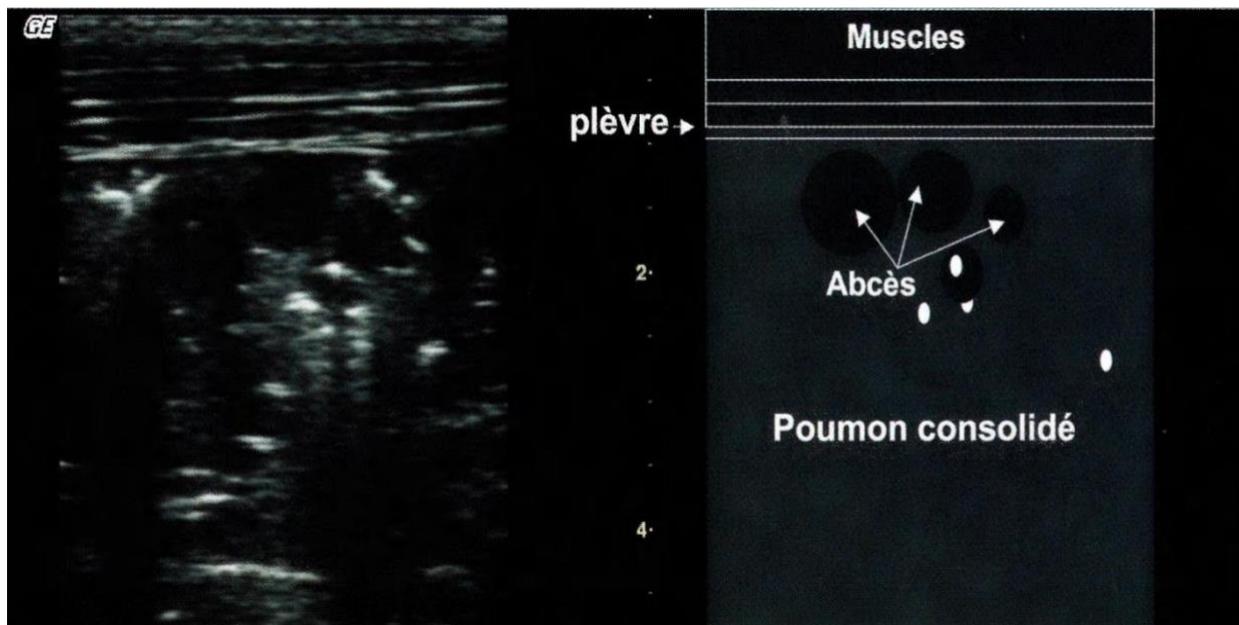


Figure 14 : multiples abcès au sein du parenchyme pulmonaire à l'échographie pulmonaire chez un bovin (Buczinski. 2009)

- Concernant les lésions de pneumonie interstitielle (figure 15), en médecine humaine, elles correspondent à des artéfacts en queue de comète débutant sur la ligne pleurale, se déplaçant avec les mouvements respiratoires, se prolongeant sur toute la profondeur de l'image, et traduisant un œdème sous pleural et inter lobulaire (aussi appelées lignes B/B-lines). Des lésions pulmonaires interstitielles sont suspectées si elles sont observées sur une partie importante de la surface pulmonaire, associées à une plèvre viscérale épaissie et irrégulière, ou en cas de présence d'alvéogrammes superficiels.

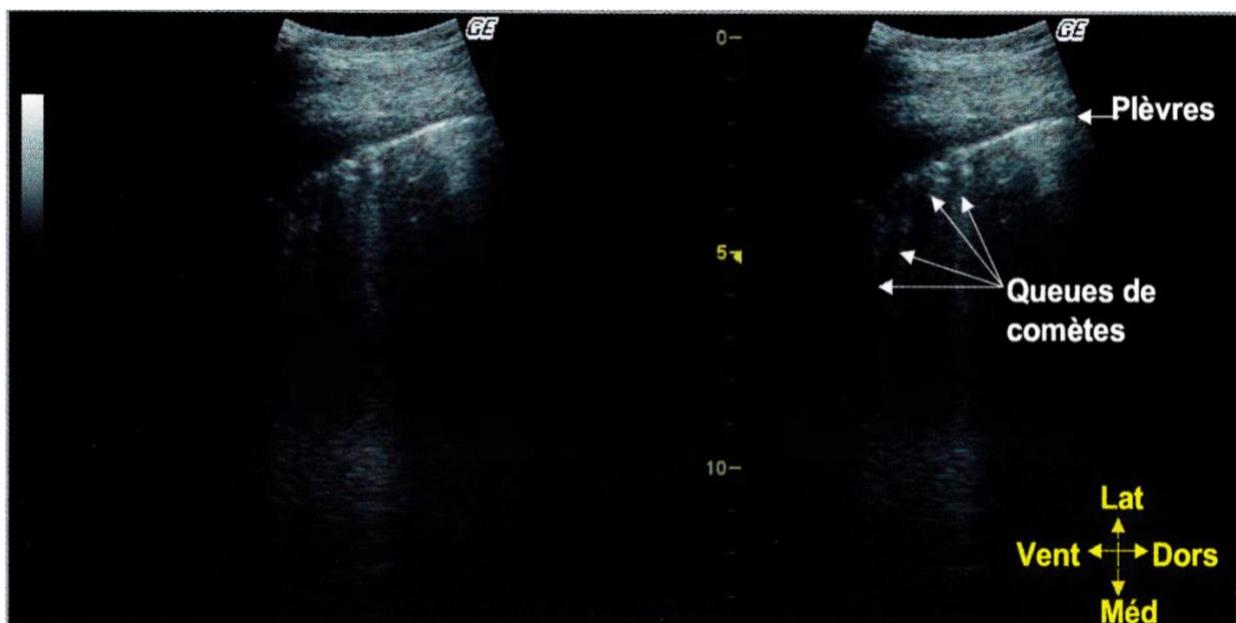


Figure 15 : visualisation d'artéfacts en queue de comète au niveau des plèvres thoraciques à l'échographie pulmonaire chez un bovin (Buczinski. 2009)

3.3 Nature des images obtenues selon les agents pathogènes incriminés

Les BPI sont des maladies infectieuses très souvent multifactorielles et de nombreux agents pathogènes interviennent. Certains agents pathogènes peuvent créer des lésions du parenchyme pulmonaire plus ou moins spécifiques.

Le tableau 6 résume les agents pathogènes des BPI et les lésions du parenchyme qu'ils provoquent, ainsi que les images échographiques pouvant correspondre. Il ressort qu'a priori, il est difficile d'affirmer l'étiologie en cause dans la BPI sur la seule base de l'échographie. Un examen histopathologique ou encore la recherche de pathogènes restent la méthode de référence afin de déduire l'agent pathogène responsable des lésions observées, que cela soit à l'échographie ou à l'examen nécropsique.

Conclusion de l'étude sur les agents pathogènes responsables des BPI et les lésions qu'ils provoquent :

De nombreux agents pathogènes interviennent dans le complexe des BPI, et les lésions qu'ils provoquent sont de forme et de nature très variables. L'échographie à elle seule ne permet pas de distinguer les agents pathogènes responsables entre eux, mais permet de mettre en évidence la présence ou non de lésions, et d'orienter vers la sévérité de l'atteinte.

Tableau 6 : Lien entre des lésions de l'appareil respiratoire haut et bas provoquées par les principaux agents pathogènes des BPI, et les images échographiques obtenues chez des veaux atteints de BPI

Agent pathogène	Lésions provoquées	Image échographique pouvant correspondre
BRSV	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions de bronchopneumonie interstitielle (lobes crâniens ventraux) • Lésions de consolidation <i>(Valarcher et Taylor. 2007)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • B-lines • Consolidations
BOHV-1	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions nécrotico-fibrineuses de l'appareil respiratoire supérieur • Lésions pulmonaires de surinfection bactérienne <i>(Pathobet. 2021)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidations, abcès, masses/nodules, bronchoaérogramme
IP3	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions d'atélectasie (lobes crâniens ventraux) • Lésions de consolidations <i>(Ellis. 2010)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Atélectasie • Consolidations
CORONAVIRUS +BVDV	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions de pneumonie interstitielle modérée <i>(Ridpath et Al. 2020)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • B-lines
<i>Mannheimia haemolytica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions de broncho-pneumonie fibrineuse (lobes crâniens ventraux, bilatéral) • Lésions de densification du parenchyme pulmonaire • Lésions de consolidations nécrotiques <i>(Panciera et Confer. 2010)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Abcès, bronchoaérogramme masses/nodules, • Atélectasie • Consolidations
<i>Pasteurella multocida</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions de bronchopneumonie (lobes crâniens ventraux) • Lésions de densification du parenchyme pulmonaire 	<ul style="list-style-type: none"> • B-lines, abcès, masses/nodules, bronchoaérogramme, consolidations • Atélectasie
<i>Histophilus somni</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions de bronchopneumonie fibrino-purulente <i>(Griffin et Al. 2010)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • B-lines, abcès, masses/nodules, bronchoaérogramme, consolidations
<i>Mycoplasma bovis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions d'atélectasie modérée • Lésions de consolidations (lobes crâniens ventraux) • Lésions de bronchopneumonie caséo-nécrotique chronique <i>(Griffin et Al. 2010)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Atélectasie • Consolidations • Abcès, masses/nodules, bronchoaérogramme, consolidations

4. L'échographie pulmonaire pour le diagnostic des bronchopneumonies infectieuses

4.1 Les performances diagnostiques de l'échographie pulmonaire

L'échographie pulmonaire va permettre de confirmer un diagnostic (de type pleurésie), d'affiner un diagnostic (cardiaque/non cardiaque, respiratoire/non respiratoire), de mettre en place un traitement ciblé individuel, de repérer et de délimiter une zone de prélèvement (biopsie, ponction), d'évaluer l'étendue des lésions (pneumonie), et de potentiellement détecter précocement l'atteinte d'un organe. De ce fait, l'échographie permet d'améliorer et d'affiner le pronostic par le praticien.

Une première limite à l'utilisation de l'échographie est l'interprétation des images. Des queues de comètes, des B-lines ou encore du tissu cicatriciel peuvent être retrouvés chez des veaux malades comme chez des veaux sains, diminuant ainsi la spécificité de l'examen. De plus, les lésions pathologiques d'abcès, d'effusion pleurale ou de pneumothorax sont peu communes, et les praticiens peuvent rencontrer des difficultés à les interpréter (*Braun et Al. 2018*).

La lésion de consolidation est une des lésions les plus observées après les artéfacts en queue de comète (*Braun et Al. 2018*) et caractéristique d'une BPI active et sévère (*Jung et Bostedt. 2004*). Une infection expérimentale à *Mannheimia haemolytica* chez 11 veaux mâles de race Prim' Holstein a montré que les premières lésions de consolidation apparaissent dans les deux heures suivant l'inoculation à l'échographie, tandis que les premiers signes cliniques apparaissent dans les six heures suivant l'inoculation. Les lésions de consolidation ont persisté jusqu'à 120 heures après l'inoculation, tandis que cinq des six veaux du groupe test ne présentaient plus de signes cliniques à 120 heures (*Ollivett et Al. 2013*). Ainsi, cette lésion peut être un moyen de détection chez les veaux atteints de façon subclinique de BPI. Cependant, il reste impossible pour le praticien de savoir s'il s'agit d'une lésion récente ou chronique et si le veau doit être traité. Aussi, si le praticien est capable de déterminer si la lésion est récente (suivi de la dynamique des signes cliniques, mise en évidence clairement d'un germe responsable), il est possible pour le praticien d'utiliser cette lésion comme point de repère, afin d'en suivre l'évolution après la mise en place d'un traitement pour ajuster le temps de traitement nécessaire à sa guérison.

Afin de détecter les BPI, des paramètres comme le nombre de sites présentant des queues de comète, la présence ou non d'effusion pleurale, l'irrégularité de la plèvre, la profondeur de la consolidation ou le nombre de sites de consolidations sont à prendre en compte. Parmi eux, la profondeur de la lésion de consolidation est le critère le plus simple et pertinent afin de déterminer si un veau est atteint de BPI ainsi que pour prédire le pronostic chez un veau non sevré (*Buczinski et Al. 2014*).

Les seuils utilisés dans les différentes études vont de 0cm à 6cm de profondeur (0cm, 1cm, 3cm, 6cm). Le seuil de 1cm par exemple, a été utilisé afin d'éviter toute confusion avec des irrégularités de la plèvre, ou encore avec un épaississement de la plèvre.

Une étude portant sur 209 veaux allaitants et 301 veaux laitiers a voulu évaluer la précision de l'échographie pulmonaire pour la détection de BPI active chez les veaux, en utilisant comme gold standard le scoring clinique (Wisconsin) et la concentration d'haptoglobine des veaux. Aussi ont-ils voulu évaluer l'intérêt d'ajouter la partie crâniale au

cœur à l'examen échographique, ainsi que la précision de différents seuils de taille de consolidation (0,1 et 3cm). L'étude ne démontre pas d'intérêt concret à aller échographier en avant du cœur (diminution de la spécificité pour les seuils de 0 et 1 cm), mais démontre qu'un seuil de 3cm est plus spécifique qu'un seuil de 1cm : 0.95 pour 0,77 ; avec une sensibilité similaire : 0.89 pour 0.9 (*Berman et Al. 2019*). Il semblerait également qu'un seuil de 3cm dans une population avec une faible prévalence de BPI ait une meilleure probabilité de diagnostiquer les veaux atteints, alors que dans une population dont la prévalence serait plus élevée, un seuil à 1cm serait plus adapté (*Berman et Al. 2019*).

Une étude sur une population de 25 veaux non sevrés, recrutés car ils ne présentaient initialement pas de signes cliniques compatibles avec une atteinte de BPI (scoring clinique préalable avec la grille Wisconsin et un score <5), a voulu évaluer la précision de l'échographie pulmonaire et des LBA chez les veaux atteints de BPI subclinique, en utilisant l'examen nécropsique comme gold standard. Un veau était considéré comme atteint de BPI à l'aide de l'échographie dès lors qu'une lésion de consolidation était observée à l'échographie, quelle que soit la taille. L'échographie pulmonaire a obtenu une sensibilité de 0.94 et une spécificité de 1 pour la détection des BPI chez les veaux atteints de BPI subclinique.

Cette étude a plusieurs limites cependant : l'échantillon était de taille limitée, l'âge des veaux a rendu l'examen échographique plus facile que sur des veaux âgés, il était impossible de savoir s'il s'agissait de cas de BPI actifs ou guéris (*Ollivett et Al. 2015*).

Le tableau 7 suivant résume les différents scores de sensibilité et de spécificité obtenus par différents travaux ayant voulu évaluer les performances diagnostique de l'échographie pulmonaire.

Tableau 7 : Caractéristiques et résultats de différentes publications scientifiques ayant voulu évaluer l'intérêt de l'échographie pulmonaire chez les veaux pour le diagnostic des BPI

Population	Critère de test positif	Gold standard	Sensibilité / Spécificité	Auteurs
Veaux sevrés atteints de BPI sévère	Tout type de lésion du parenchyme pulmonaire	Examen post mortem	Se = 0.85 Sp = 0.94	Rabeling et Al. 1998
Veaux laitiers non sevrés	Tout type de lésion du parenchyme pulmonaire	Radiographie thoracique	Se = 0.77 Sp = 1	Jung et Bostedt. 2004
Veaux laitiers non sevrés cliniquement sains	Tout type de lésion du parenchyme pulmonaire	Examen post mortem	Se = 0.94 Sp = 1	Ollivett et Al. 2015
Veaux laitiers non sevrés, répartis dans 2 populations : une à faible prévalence de BPI et une à forte prévalence de BPI	Lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$	Test statistique et estimation bayésienne (scoring clinique Wisconsin)	Se estimée = 0.79 Sp estimée = 0.94	Buczinski et Al. 2015
Veaux de boucherie âgés de 3 semaines	Lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$	Test statistique et estimation bayésienne	Se estimée = 0.77 Sp estimée = 0.93	Buczinski et Al. 2016
Veau de boucherie et veaux laitiers non sevrés	Différents niveaux de taille de lésion de consolidation (0, 1 et 3 cm ²)	Test statistique et estimation bayésienne (scoring clinique Wisconsin et taux d'haptoglobine)	Exploration caudale au cœur <u>0 cm</u> Se estimée = 0.85 Sp estimée = 0.84 <u>1cm</u> Se estimée = 0.9 Sp estimée = 0.77 <u>3cm</u> Se estimée = 0.89 Sp estimée = 0.95	Berman et Al. 2019
Veaux de boucherie	Toute lésion de consolidation $> 0\text{cm}^2$	Examen post mortem	Se = 0.86 Sp = 0.78	Hoffelner et Al. 2023

4.2 Les performances zootechniques permises par l'échographie pulmonaire sur le terrain

En atelier de veau de boucherie, les atteintes respiratoires liées aux BPI sont les principales causes de morbidité et de mortalité en début d'engraissement (*Fertner et Al. 2016, Lava et Al. 2016*). En atelier d'engraissement de jeunes bovins, les lésions de consolidation sont associées à un plus grand taux d'échec au traitement et une diminution du GMQ (*Timsit et Al. 2019*).

Une étude portant sur 317 veaux non sevrés avait pour but d'évaluer la relation entre la dynamique des cas de BPI (diagnostiqués par une échographie pulmonaire ou un scoring clinique avec la grille Wisconsin) et le GMQ des veaux. Les veaux diagnostiqués comme atteints par le scoring clinique ne semblent pas avoir une différence de poids significative avec les veaux sains à la fin de la période expérimentale, mais il est démontré qu'une atteinte de BPI liée à un score de lésion pulmonaire élevé influence négativement le GMQ et la croissance du veau. Cet impact négatif est aussi accentué si l'infection est chronique (*Rhodes et Al. 2021*).

Une autre étude de 2019, portant sur des veaux âgés de 21 à 50 jours, dans un élevage à haute prévalence de BPI, a mis en évidence un lien entre scoring clinique et l'échographie pulmonaire d'une part et le GMQ d'autre part. Concernant le scoring échographique, un veau était considéré comme atteint de BPI dès lors qu'il présentait une lésion de consolidation supérieure ou égale à 1. Pour le scoring clinique, un veau était considéré comme atteint de BPI dès lors que deux critères atteignaient un score de deux ou plus. L'impact d'un score clinique positif et d'un score échographique positif sur le GMQ est négatif dans les 2 cas. Il est cependant nécessaire de prendre du recul et d'évaluer ces critères dans des conditions avec une prévalence moins élevée (*Cramer et Ollivett. 2019*).

Conclusion de l'étude bibliographique :

L'échographie pulmonaire est un outil utilisé dans la détection et le diagnostic des BPI chez les veaux, et plus généralement chez les bovins à l'engraissement. L'échographie pulmonaire semble présenter une bonne sensibilité 0,923 en moyenne selon les résultats du tableau 6 et une bonne spécificité (0,905 en moyenne selon les résultats du tableau 6). Les performances de cet outil technique sont décrites comme meilleures que celles du scoring clinique (quelle que soit la grille utilisée) ou encore de l'auscultation ce qui semble attendu car ils ne mesurent pas la même chose et l'échographie ouvre la porte à la détection veaux subcliniques. Cependant, il reste à définir un consensus concernant le seuil de taille de lésion à utiliser pour déterminer si un animal est atteint de BPI. Ce seuil peut dépendre de nombreux facteurs comme l'âge du bovin ou la prévalence des BPI dans l'élevage.

De plus, ces études permettent d'aborder la gestion des BPI dans les élevages, généralement assez mal détectées par les éleveurs (par souci de temps) et d'évoquer des stratégies d'amélioration avec l'éleveur. Elle permet d'exposer la prévalence des atteintes subcliniques au sein d'un troupeau, mais aussi d'identifier les éleveurs traitant de manière non nécessaire les veaux pour BPI. L'échographie pulmonaire participe à la prévention des BPI sur les élevages ainsi qu'à la réduction de l'utilisation des antibiotiques en élevage.

**DEUXIÈME PARTIE :
ÉTUDE EXPÉRIMENTALE**

1. Contexte et enjeux de l'étude

1.1 Cadre de l'étude

Cette thèse d'exercice vétérinaire a été sollicitée par le groupe Chêne Vert et plus particulièrement par le cabinet vétérinaire établi à Lécousse en Ille et Vilaine, établissement de conseil vétérinaire libéral en filières animales organisées, dans le cadre de l'amélioration des pratiques d'élevage ainsi que des pratiques vétérinaires en atelier spécialisé de veau de boucherie. Les atteintes respiratoires sont responsables de la majorité des traitements antibiotiques individuels et collectifs (métaphylaxie) dans ces ateliers. Le traitement entier d'un lot d'animaux (comprenant des animaux malades et des animaux sains), appelé métaphylaxie, est préféré dans ce type de production car il est plus rapide, plus simple et souvent plus économique que la multiplication des traitements individuels. De plus, la métaphylaxie présente un intérêt pour pallier une détection tardive des animaux atteints et ainsi éviter la diffusion de l'infection. Le nombre de traitements antibiotiques réalisés durant la phase d'engraissement est ainsi souvent directement lié à la réussite du premier traitement mis en œuvre, qui va dépendre entre autres de la chronicité des lésions pulmonaires.

Concernant les troubles respiratoires chez le veau, l'échographie pulmonaire semble un outil prometteur pour détecter précocement des lésions sur des animaux subcliniques. Il pourrait ainsi s'agir d'un outil à même d'aider à réduire et rationaliser le recours aux antibiotiques en début de phase d'engraissement afin de traiter individuellement les veaux avant que l'incidence soit trop forte ou au contraire décider de ne plus traiter si les lésions mises en évidence laissent présager un pronostic mauvais.

Cet essai terrain a été rendu possible grâce au partenariat du cabinet vétérinaire CHÊNE VERT LÉCOUSSE, ainsi qu'avec l'aide du laboratoire ZOETIS, l'aide de la centrale d'achat COVETO pour le prêt du matériel échographique. ONIRIS VETAGROBIO a également aidé à la mise en place de l'étude au travers de la rédaction du protocole expérimental, du traitement des données, de la rédaction du manuscrit et de la réalisation du tutoriel vidéo.

1.2 Objectifs de l'étude

L'objectif de ce travail de thèse était d'évaluer l'intérêt de l'utilisation en routine de l'échographie pulmonaire chez les veaux de boucherie, dans un cadre de diagnostic précoce des BPI en atelier d'engraissement, dans le but de proposer un outil utilisable par les vétérinaires du groupe CHÊNE VERT lors d'un examen de tous les animaux lors de la mise en lot. L'hypothèse de départ est que la détection précoce des BPI pourrait permettre d'envisager une évolution des pratiques en matière de traitement antibiotique en atelier de veau de boucherie, en privilégiant le traitement individuel précoce des BPI en première intention, avec une molécule, une posologie et un temps de traitement adaptés, afin de traiter le plus tôt possible les lésions dans le parenchyme pulmonaire, de limiter la chronicité des lésions, et d'éviter le recours à la métaphylaxie.

Le premier objectif de ce travail d'étude était ainsi d'évaluer la concordance des anomalies détectées à l'examen clinique (à travers l'établissement d'un scoring clinique) et la présence d'anomalies détectées à l'échographie pulmonaire durant la première phase d'engraissement des veaux. Cette partie visait également à évaluer la valeur informative de l'échographie pulmonaire en comparaison au scoring clinique. Pour ce faire, nous avons

réalisé à chaque visite en élevage un examen clinique méthodique suivi d'une échographie pulmonaire complète.

Le second objectif était de déterminer l'éventuel intérêt prédictif d'anomalies détectées à l'échographie pulmonaire dans les quatre premières semaines suivant la mise en lot, sur la présence/persistance de lésions pulmonaires à l'abattoir, en sachant que d'éventuels traitements ont pu être mis en place durant la totalité de l'engraissement. Pour ce faire, au moment de l'abattage des veaux en fin d'engraissement, un examen post mortem des poumons des veaux de l'étude a été réalisé. La valeur informative de l'échographie pulmonaire en comparaison à l'examen post mortem a également été calculée.

Un troisième objectif était d'évaluer le taux de guérison des lésions échographiques suite aux traitements individuels mis en place, d'évaluer l'efficacité des traitements collectifs ayant pour but de limiter l'apparition de nouveaux cas de BPI ainsi que d'évaluer la persistance des lésions du parenchyme pulmonaire identifiées à l'échographie suite à l'ensemble des traitements mis en place ciblant les BPI. Pour ce faire, nous avons relevé tous les traitements réalisés ciblant les BPI pendant l'engraissement, et nous les avons comparés à nos observations échographiques faites lors de notre suivi, ainsi qu'aux résultats de l'examen post mortem.

Un quatrième et dernier objectif pratique de ce travail de thèse était de réaliser un tutoriel pratique aidant à la réalisation de l'échographie pulmonaire chez le veau, à destination des praticiens vétérinaires du groupe CHÈNE VERT afin de pouvoir, le cas échéant, diffuser plus rapidement cette pratique au sein du groupe.

Ce protocole a été construit en vue d'encourager les praticiens à mettre en place un screening systématique avec échographie pulmonaire et/ou le scoring clinique des animaux à l'arrivée en atelier, afin de réduire/rationaliser le nombre de traitements individuels et collectifs des veaux pour BPI, et dans un cadre de l'amélioration du bien-être animal.

2. Matériel et méthode

2.1 Population et échantillon d'étude

La population cible est constituée de l'ensemble des veaux de boucherie. La population d'étude a été, du fait du partenariat, constituée de la clientèle de la clinique vétérinaire CHÈNE VERT CONSEIL située à Lécousse, dans le département d'Ille et Vilaine, sur les mois d'août et septembre 2023 et sur le mois de janvier 2024.

Compte tenu des contraintes financières et logistiques de l'étude, un nombre restreint d'animaux seulement pouvait être suivi. De plus, il fallait que les éleveurs soient volontaires, disponibles pour nous aider en cas de contention difficile, et prêts à attendre à attendre la dernière visite avant de passer les veaux de case individuelle aux cases collectives.

Les périodes de visite en abattoir étant fixées à l'avance, les élevages candidats pour l'étude ont été les élevages démarrant leur bande sur les semaines compatibles à nos périodes d'abattages. Le seul critère de recrutement des élevages était de faire partie d'un groupement d'intégration que nous ne citerons pas ici, la taille et la localisation n'étaient pas éliminatoires. L'accord de l'éleveur était préalablement demandé et vérifié par le vétérinaire. Afin de réaliser une étude fidèle aux conditions terrains, étant donné les origines et les formats

multiples des veaux en centre d'allotement, et donc la mixité des lots en abattoir d'une bande sur l'autre, les races des veaux et le poids des lots n'étaient pas non plus des critères d'exclusion.

Ainsi, ce sont deux élevages de la région Pays de la Loire qui ont été inclus dans cette étude expérimentale et la récolte de données s'est faite en août/septembre 2023 pour le premier élevage et en janvier 2024 pour le second. En raison du temps passé en élevage, de l'absence d'aide pour la réalisation des manipulations, de la distance entre les élevages et de mon domicile, 32 et 70 animaux ont pu ainsi être respectivement suivis pendant quatre semaines dès leur arrivée en atelier.

2.2 Constitution des lots de veaux

Afin d'établir la valeur informative (sensibilité et spécificité de l'échographie pulmonaire en comparaison au scoring clinique), il convenait d'inclure, dans le protocole, des veaux présentant des signes cliniques compatibles avec une BPI (pour calculer la sensibilité) et des veaux cliniquement sains (pour calculer la spécificité).

Une partie des veaux malades était préalablement repérée par l'éleveur sur la base des signes cliniques exprimés (toux spontanée, atteinte de l'état général, anorexie pouvant être liée à une hyperthermie). Lors de la première visite, j'effectuais également un repérage de veaux pouvant être atteints de BPI en me fondant sur les signes cliniques suivants : toux spontanée, jetage nasal bilatéral, atteinte de l'état général/abattement. Ils ont ensuite été évalués et si leur scoring clinique à l'aide de la grille de scoring de l'Université du Wisconsin était ≥ 5 (cf. infra), ils étaient considérés comme atteints de BPI et donc contribuaient au groupe de veaux malades.

Concernant le recrutement de veaux sains, le nombre de veaux pouvant être examiné à chaque visite étant limitant, ils ont été choisis aléatoirement dans le reste de la bande sans réelle proportion fixe jusqu'à atteindre le nombre maximal de veau observable lors de chaque visite. La seule contrainte pour ne pas interférer avec nos résultats était qu'ils ne devaient pas présenter d'autres atteintes durant la durée de l'étude (otite, diarrhée, omphalite, boiterie). Cette condition a été vérifiée par moi-même lors de la réalisation des examens et grâce aux données rentrées dans le carnet sanitaire par les éleveurs.

Malgré les contraintes logistiques (temps disponible et temps nécessaire pour chaque visite), économiques, notre objectif était d'inclure le plus grand nombre de veaux possible, et si possible au moins 100. Le premier élevage a permis l'intégration de 32 veaux dans l'étude, le second a permis d'en intégrer 70, soit 102 veaux au total.

2.3 Protocole expérimental

Afin d'établir un état des lieux des poumons des veaux avant le brassage de pathogènes lié à la mise en lot, la première visite avait lieu 24 à 48 heures après leur arrivée en atelier. Pour des raisons logistiques et afin de suivre le plus fidèlement possible la physiopathologie des atteintes respiratoires, la seconde visite a eu lieu une semaine après la première. Pour des raisons logistiques, économiques, et selon les données d'incidence des atteintes respiratoires des veaux de boucherie dans la littérature, la troisième visite a eu lieu

trois semaines après la première. À chaque visite, un scoring clinique et une échographique pulmonaire complète étaient réalisés sur chaque animal de l'étude.

L'examen post mortem a été réalisé au sein de l'abattoir TENDRIADE situé à Châteaubourg, également en Ille et Vilaine, sur les mois de février et de juillet 2024.

Le passeport des animaux donnait accès aux informations suivantes : race, date de naissance, numéro d'identification, département de provenance. Le bon de livraison fourni par l'intégrateur donne accès au poids du lot dont le veau fait partie.

Le tableau 8 décrit en détail le déroulé de chaque visite en élevage et du contrôle en abattoir.

Tableau 8 : Déroulé détaillé du protocole de l'étude, réalisé sur les 3 visites et à l'abattoir

JO	J7	J21	ABATTAGE
<ol style="list-style-type: none"> 1. Repérage des veaux malades et désignation aléatoire des veaux sains 2. Veau déjà en case individuelle pour la contention 3. Report des 4 derniers chiffres de la boucle auriculaire de l'animal 4. Scoring clinique (grille Wfconsin) 5. Échographie pulmonaire complète des thorax gauche et droite avec une sonde hydride semi convexe 6. Report des observations sur la feuille de travail (annexe X à faire) 7. Report des informations fournies par le passeport sur un tableur Excel 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Veau déjà en case individuelle pour la contention 2. Report des 4 derniers chiffres de la boucle auriculaire de l'animal 3. Scoring clinique 4. Échographie pulmonaire 5. Report des observations (examen clinique, échographie, traitements réalisés par l'éleveur si c'était le cas) sur la feuille de travail 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Veau déjà en case individuelle pour la contention 2. Report des 4 derniers chiffres de la boucle auriculaire de l'animal 3. Scoring clinique 4. Échographie pulmonaire 5. Report des observations sur la feuille de travail 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Repérage des veaux de l'étude dans le lot devant être abattu à l'IAM (passeport et n°10 chiffres) 2. Notification aux employés de l'abattoir des veaux à repérer au crayon alimentaire 3. Inspection des poumons au <u>post</u> de l'IPM après examens des techniciens de la DDCSPP

2.4 Protocole thérapeutique mis en place en élevage

Dans un souci d'amélioration des performances zootechniques, compte tenu de la prévalence des BPI en atelier de veau de boucherie et dans le cadre de l'amélioration du bien-être animal, et suivant les conditions de l'intégrateur, les veaux présentant une lésion de consolidation de 1cm² ou plus étaient notifiés à l'éleveur et recevaient alors un traitement individuel antibiotique à base de Lincomycine et Spectinomycine (Lincospectin ®, 5mg/10mg/kg, 1x/j pendant 5 jours, en IM), associé à un anti inflammatoire l'Acide tolfénamique (Tolfine ®, 2mg/kg, 1 jours, en IM).

De plus, dans le respect des protocoles de soins prévus par le vétérinaire et l'intégrateur, des traitements collectifs ont été mis en œuvre durant la période de mes visites en élevage, à partir de la mise en place des veaux en atelier. La figure 16 explique l'organisation des différents traitements mis en place durant notre suivi.

Semaine 1 :

- Aspirine : 1gr/veau/jour pendant 2 jours, Per Os (PO)
- Néomycine : 1gr/veau/jour pendant 5 jours, PO (Néomay ®)
- Doxycycline : 1,5gr/veau/jour pendant 5 jours, PO (Doxypro ®)

Semaine 3 :

- Aspirine : 1gr/veau/jour pendant 2 jours, PO
- Tilmicosine : 2,5ml/veau/jour pendant 5 jours, PO (Tilmopro ®)

Semaine 4 :

- Doxycycline : 1,5gr/veau/jour pendant 5 jours, PO (Doxypro ®)

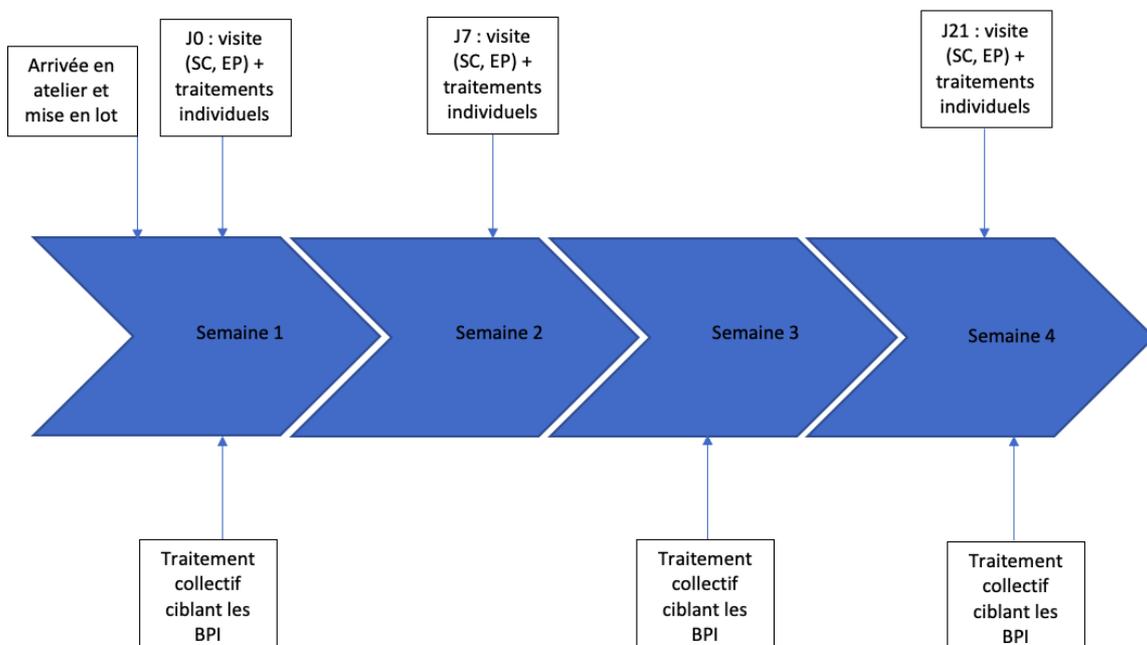


Figure 16 : Frise chronologique permettant de visualiser les moments de mise en place des différents traitements pendant le suivi vis à vis des visites, après la mise en lot. SC = scoring clinique, EP = échographie pulmonaire

2.5 Récolte des données en élevage et en abattoir

Le protocole expérimental s'est déroulé en deux temps : le temps en élevage, et le temps en abattoir.

En élevage, trois visites ont été réalisées sur les semaines 1, 2 et 4 après l'arrivée en atelier. Lors de chaque visite étaient réalisés sur les veaux inclus dans l'étude, malade ou sain :

- Un scoring clinique à l'aide de la grille Wisconsin (*annexe 1*), basée sur les cinq critères suivants : le jetage nasal, le jetage oculaire, la toux, la température rectale, et la position de la tête et des oreilles. Chaque critère se voyait attribuer une note allant de 0 à 3, et dès lors que la somme des notes était égale ou supérieure à 5, le veau est considéré comme atteint de BPI.
- Une échographie pulmonaire : en partant de la 11^{ème} côte à droite et de la 11^{ème} gauche pour balayer de haut en bas les espaces intercostaux 10 à 3 à l'aide d'une sone hybride semi convexe à la fréquence de 7MHz, toutes les lésions observées (queues de comètes, lésions de consolidation, broncho aérogramme, épanchement, fibrine, abcès) étaient notées ainsi que leur emplacement (espace intercostale). Les lésions étaient ensuite classées selon leur nature et leur taille (en cm²). Le tutoriel propose une classification plus détaillée.

Il était en pratique difficile de constituer des lots physiques de veaux pour l'étude exclusivement car ils pouvaient se répartir aléatoirement dans les bâtiments. De ce fait, en abattoir les veaux de l'étude étaient repérés lors de l'inspection ante-mortem (IAM). L'IAM a pour but de contrôler et analyser les informations sur la chaîne alimentaire, d'examiner l'état physique des animaux (recherche de signes cliniques empêchant la transformation en denrée alimentaire), et de contrôler le respect de la réglementation en matière de protection animale (*Note de service DGAL/SDSSA/N2010-8171 du 23 juin 2010*). Les poumons ont été inspectés lors de l'inspection post mortem (IPM) (traçabilité individuelle encore possible à cette étape) avec les équipes de la direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations (DDCSPP) d'Ille et Vilaine. L'IPM correspond à l'inspection de la carcasse et de ses organes, à la recherche d'anomalies présentant un risque pour la consommation humaine (*Instruction technique DGAL/SDSSA/2023-334 du 15 mai 2023*). L'annexe 4 présente le support de prise de notes utilisé lors de l'examen post mortem.

2.6 Description des examens réalisés au chevet du veau

2.6.1 Le scoring clinique

L'objectif de cet examen était d'assurer un suivi clinique et objectif des veaux. Il permettait également de signaler à l'éleveur les animaux à surveiller en cas de BPI modérée ou sévère, ce dernier devant mettre en place un traitement individuel s'il le trouvait adapté.

L'inspection du jetage nasal, oculaire et du port des oreilles était réalisée lors du premier passage dans le couloir central du bâtiment. En cas de toux spontanée, répétée ou non, cela était noté en même temps.

Ensuite, après être entrée dans la case individuelle, la température rectale était prise en limitant la manipulation du veau, le stress pouvant augmenter la température corporelle. Enfin, le veau était encouragé à se déplacer et à s'agiter afin d'évaluer ou non la présence de toux provoquée ou spontanée. L'annexe 2 présente le format de support de prise de notes utilisé lors de la réalisation des scoring cliniques.

2.6.2 L'échographie pulmonaire

L'ensemble des échographies a été réalisé par moi-même, étudiante en dernière année d'école vétérinaire, ayant reçu préalablement une formation théorique et pratique à la réalisation des échographies pulmonaires dispensées par le Docteur BERNHEIM, vétérinaire employée au sein de l'entreprise ZOETIS.

L'objectif de l'échographie pulmonaire était de mettre en évidence des lésions du parenchyme pulmonaire (consolidations, queues de comètes, épanchement, abcès), signifiant une atteinte basse de l'appareil respiratoire.

- Matériel :

Pour les échographies, j'ai utilisé un échographe iScan 2 de la marque DRAMINSKI, appareil en prêt via la société COVETO, équipé d'une sonde rectale incurvée de 3 à 7Mhz, habituellement utilisé pour l'examen de l'appareil reproducteur des bovins.

- Contention :

Les veaux étaient soit bloqués au cornadis si la case individuelle en possédait un, ou alors maintenus contre la barrière par moi-même en parallèle de la réalisation de l'échographie. Aucune tranquillisation médicamenteuse n'était prévue et cela ne s'est pas avéré nécessaire.

- Préparation pour l'échographie :

Les veaux n'étaient pas tondus avant l'échographie, même en cas de pelage dense (courant en cas de croisement avec la race Bleu Blanc Belge), et de l'alcool à 70° était utilisé comme liquide de contact. Les images ont toujours été de bonne qualité, quitte à utiliser une grosse quantité d'alcool par veau.

- Repères anatomiques (figure 17) :

Limites ventro-crânielles :

- Droite : les veines et artères thoraciques visualisables au niveau des EIC 1 et 2
- Gauche : présence du thymus au niveau du 2^{ème} EIC

Limites caudales :

- Droite : diaphragme et foie au niveau du 10^{ème} EIC
- Gauche : diaphragme, rate et rumen au niveau du 10^{ème} EIC

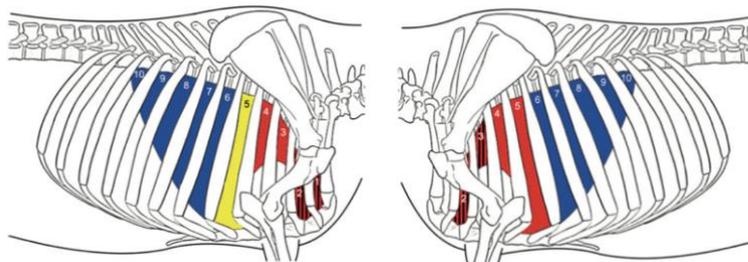


Figure 17 : repères anatomiques thoraciques à gauche et à droite pour la réalisation de l'échographie pulmonaire chez les bovins (Masset et Al. 2022)

- Réalisation :

L'annexe 3 présente le support de prise de notes utilisé lors de la réalisation des échographies pulmonaires en élevage.

La sonde échographique était glissée sur l'ensemble de l'aire d'auscultation pulmonaire entre les EIC 10 et 2 à droite et à gauche. Compte-tenu des performances assez contradictoires décrites dans la littérature de la technique qTus (Pravettoni et Al. 2021, Pardon. 2019, Jourquin et Al. 2024) avec des sensibilités allant de 0.66 à 0.89 et des spécificités allant de 0.71 à 0.95 et afin d'évaluer la faisabilité d'un examen échographique complet sur le terrain en condition d'élevage hors sol, nous avons décidé d'utiliser une technique échographique balayant l'ensemble des EIC. En cas de lésion détectée, elle était identifiée et mesurée. On ne trouve pas de consensus dans la littérature sur le seuil de taille à utiliser pour classer une lésion comme significative. Masset et Al en 2022 ont proposé un seuil de 1cm² et plus, seuil que nous avons ainsi utilisé. Afin d'évaluer les performances de l'échographie pulmonaire selon différents seuils de taille de lésion, nous avons également classé les lésions selon une taille ≥ 3cm² (Dunn et Al. 2018). Par la suite, nous avons enregistré les lésions identifiées selon les profils suivants (tableau 9) :

Tableau 9 : Tableau de notation des anomalies échographiques observées pendant le suivi.

Désignation de la lésion	Définition
A	Au moins 5 queues de comète, largeur <1cm
B	Plusieurs queues de comète dont une dont la largeur >1cm
C	Une consolidation <1cm ²
D	Une consolidation ≥ 1cm ²
E	Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 1cm ² ou plus
F	Une consolidation ≥ 3cm ²
G	Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm ² ou plus
H	Épanchement
W	Absence de lésion

Dans le cadre de la réalisation du tutoriel et à des fins pédagogiques liée à ce travail de thèse, nous avons choisi d'enregistrer l'ensemble des lésions observées sans se limiter aux seules lésions de consolidation.

2.7 Stratégie d'analyse des données

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT 2024 2.2 (1422) sur la base de données recueillies en élevage et abattoir, et enregistrées dans un tableur Excel.

2.7.1 Analyse descriptive de mon échantillon d'étude

Dans un premier temps, l'échantillon d'étude a été décrit selon les critères suivants : nombre de veaux, âge et poids à la mise en lot, poids de carcasse à l'abattage et GMQ sur la

période d'engraissement. Puis les résultats des examens réalisés sur toutes les visites ont été décrits : résultats des scoring cliniques et résultats des échographies pulmonaires.

2.7.2 Description des données de prévalence et d'incidence des BPI au sein de l'échantillon

Par la suite, les données de prévalence et d'incidence au cours du suivi ont été décrites selon la date avec la mise en lot et la période de l'année pour chacune des deux périodes de visite en élevage (septembre 2023 et janvier 2024) et des trois visites par élevage à J0, J7 et J21 après la mise en lot. La prévalence a pu être calculée lors de chacune des trois visites et l'incidence a pu être calculée à J7 (par rapport à J0) et J21 (par rapport à J7).

2.7.3 Description des données relatives au scoring clinique

En se basant sur les travaux à l'origine de la grille de scoring clinique Wisconsin, nous avons défini un seul type d'atteinte clinique, correspondant à un score clinique total \geq à 5. (McGuirk. 2008).

2.7.4 Description des données relatives aux échographies pulmonaires

Le tableau 10 présente les variables utilisées pour décrire les observations relatives aux échographies pulmonaires réalisées (taille des lésions, nombre de lésions, zones des lésions), à l'échelle individuelle et des lots, en fonction des élevages, en fonction des jours de visite et durant le suivi. Ces variables sont issues de la littérature où différentes grilles d'évaluation des anomalies échographiques sont utilisées. Nous avons décidé de nous baser sur les seuils de 1cm^2 (Masset et Al. 2022, Buczinski et Al. 2014) et de 3cm^2 (Dunn et Al. 2018).

Tableau 10 : Variables créées et utilisées pour la description des résultats des échographies pulmonaires

Variable	Définition
Lésion D, jour X	Présence d'une seule lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, selon le jour de visite
Lésion E, jour X	Présence de plusieurs lésions de consolidation dont au moins une $\geq 1\text{cm}^2$, selon le jour de visite
Lésion DE, suivi	Présence d'au moins une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ durant le suivi
Zone de lésions DE, suivi	Décrit le lobe pulmonaire présentant la lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, durant le suivi
Lésion F, jour X	Présence d'une seule lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, selon le jour de suivi
Lésion G, jour X	Présence de plusieurs lésions de consolidation dont au moins une $\geq 3\text{cm}^2$, selon le jour de visite
Lésion FG, suivi	Présence d'au moins une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ durant le suivi
Zone de lésions FG, suivi	Décrit le lobe pulmonaire présentant la lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, durant le suivi

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion E = plusieurs lésions dont au moins une mesurant 1cm^2 ou plus, lésion F = Une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm^2 ou plus, lésion H = épanchement

2.7.5 Description des données relatives à l'examen post mortem

Le tableau 11 présente les variables utilisées pour décrire les observations réalisées lors de l'examen post mortem (présence de lésions compatibles avec des lésions de BPI, lobe pulmonaire concerné). Les lésions compatibles avec des lésions de BPI se basent sur les observations faites dans la littérature (Ollivett et Al. 2015, Caswell et Al. 2012).

Tableau 11 : Variables créées et utilisées pour la description des résultats de l'examen post mortem

Variable	Définition
Lésion de BPI +	Présence de lésions pulmonaires compatibles avec des lésions de BPI, quel que soit le lobe
Lobe pulmonaire D lésion de BPI +	Décrit le lobe pulmonaire D présentant des lésions de BPI
Lobe pulmonaire G lésion de BPI +	Décrit le lobe pulmonaire G présentant des lésions de BPI

D = droit, G = gauche, BPI = bronchopneumonie infectieuse, + = présence de lésions pulmonaires compatibles avec une BPI

2.7.6 Détermination de la concordance de l'échographie pulmonaire en comparaison au scoring clinique

L'objectif était de :

- Déterminer si les veaux présentant une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ lors de l'examen échographique à une visite X (noté JX) avaient un scoring clinique compatible avec une atteinte de BPI (score ≥ 5 selon la grille de Wisconsin)
- Déterminer si les veaux présentant plusieurs lésions de consolidation dont au moins une $\geq 1\text{cm}^2$ lors de l'examen échographique à une visite X avaient un scoring clinique compatible avec une atteinte de BPI (score ≥ 5 selon la grille de Wisconsin)
- Déterminer si les veaux présentant une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ lors de l'examen échographique à une visite X avaient un scoring clinique compatible avec une atteinte de BPI (score ≥ 5 selon la grille de Wisconsin)
- Déterminer si les veaux présentant plusieurs lésions de consolidation dont au moins une $\geq 3\text{cm}^2$ lors de l'examen échographique à une visite X avaient un scoring clinique compatible avec une atteinte de BPI (score ≥ 5 selon la grille de Wisconsin)

Pour ce faire, pour chacune des étapes, un tableau de contingence 2 à 2 a été réalisé en prenant en référence le scoring clinique.

Ceci a permis dans un premier temps d'évaluer la concordance entre le diagnostic échographique et clinique par le calcul d'un coefficient de Kappa de Cohen. La figure 18 rappelle la formule utilisée pour le calcul du coefficient Kappa ainsi que la grille utilisée pour l'interprétation de la valeur du coefficient

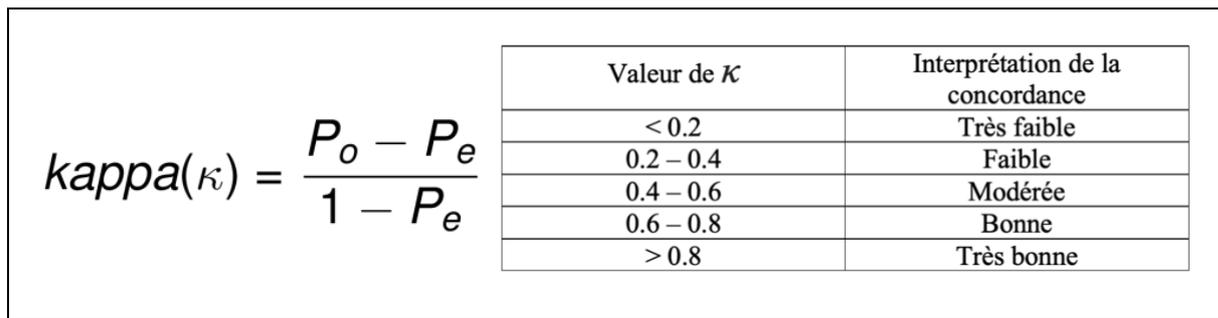


Figure 18 : formule de calcul et grille d'interprétation du coefficient Kappa de Cohen (Landis et Koch, 1977). P_o = proportion de l'accord observé, P_e = proportion d'un accord aléatoire

Puis dans un deuxième temps, la sensibilité et la spécificité relatives de l'échographie vs le scoring clinique ont été calculées, de même que la valeur prédictive positive (VPP) et la valeur prédictive négative (VPN). Étant donné que la VPP et la VPN sont dépendantes de la prévalence en élevage, elles ont été calculées par jour de suivi et par élevage. La figure 19 rappelle les formules de calcul de la sensibilité (S_e), de la spécificité (S_p), de la VPP et de la VPN.

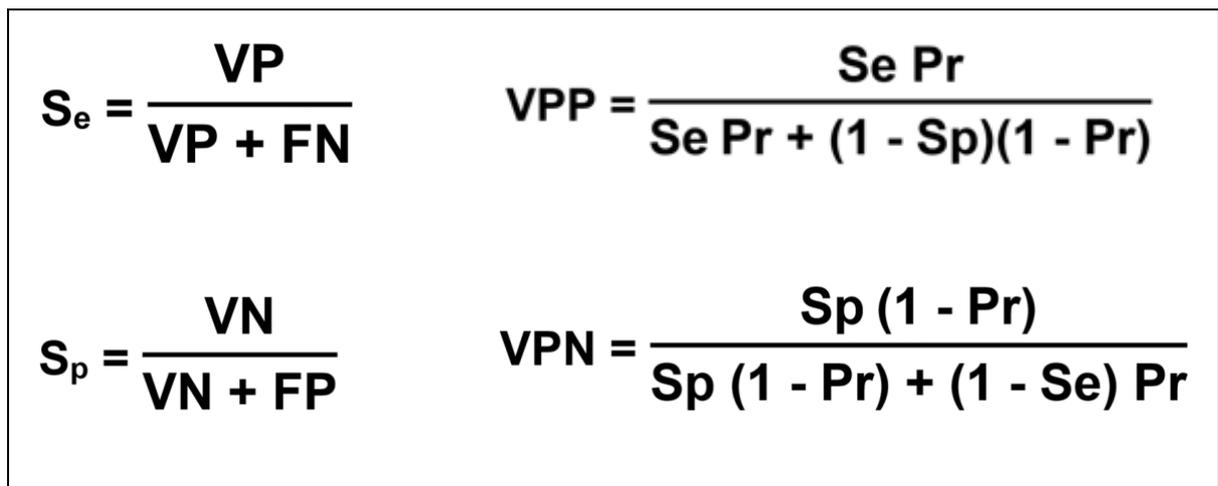


Figure 19 : formules de calcul de la sensibilité (S_e), de la spécificité (S_p), de la valeur prédictive positive (VPP) et de la valeur prédictive négative (VPN)

La figure 20 présente un modèle de tableau de contingence utilisé pour l'analyse statistique des résultats pour un jour de visite donné X.

JX	Nombre de veaux	
	Atteinte clinique : Score Wisconsin ≥ 5	Pas d'atteinte clinique : Score Wisconsin < 5
Lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$	VP	FP
Absence de lésion ou pas de lésion de consolidations $\geq 1\text{cm}^2$	FN	VN

Figure 20 : exemple de tableau de contingence utilisé pour l'analyse statistique

2.7.7 Détermination de la concordance de l'échographie en comparaison à la présence de lésions de BPI à l'abattoir

L'objectif était de :

- Déterminer si les veaux présentant une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ lors de l'examen échographique durant le suivi avaient des lésions pulmonaires à l'examen post mortem compatibles avec une atteinte de BPI
- Déterminer si les veaux présentant une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ lors de l'examen échographique durant le suivi avaient des lésions pulmonaires à l'examen post mortem compatibles avec une atteinte de BPI
- Déterminer si le lobe pulmonaire atteint par les lésions de consolidation durant le suivi déterminé à l'échographie, correspondait au même lobe atteint lors de l'examen post mortem

La méthode d'analyse a été similaire à celle décrite précédemment avec le calcul des sensibilité, spécificité et VPP et VPN.

2.7.8 Détermination des performances des traitements individuels et collectifs mis en place durant le suivi

L'objectif était de :

- Déterminer le taux de guérison à la visite n+1 à la suite de chaque traitement individuel déclenché à la visite n, sur la base des observations échographiques
- Déterminer l'apparition de nouveaux cas à la semaine n+1 à la suite de chaque traitement collectif déclenché à la semaine n, sur la base des observations échographiques
- Déterminer l'efficacité des traitements individuels réalisés en évaluant la persistance de lésions de BPI à l'examen post mortem chez les animaux ayant reçu un ou plusieurs traitements suite aux observations échographiques

Pour ce faire, j'ai calculé le taux de guérison (sur la base des observations échographiques) à chaque visite n+1 vis à vis des traitements individuels mis en place à la visite n. J'ai également calculé le taux d'incidence à la semaine n+1 vis à vis des traitements collectifs mis en place à la semaine n.

Enfin, j'ai calculé la persistance des lésions du parenchyme pulmonaire en comparant les observations faites à l'échographie avec celles faites avec à l'examen post mortem.

3. Résultats

3.1 Description de l'échantillon d'étude

L'échantillon total se compose de 102 veaux de boucherie. Parmi ces 102 veaux, la totalité a l'objet du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire lors des trois visites. Par contre, seulement 90 veaux parmi les 102 ont pu faire l'objet d'un examen post mortem à l'abattoir. Pour l'étude de la relation entre les différents examens réalisés et leur intérêt dans la détection précoce des veaux malades, la taille des échantillons varie ainsi entre l'échantillon total et des sous échantillons, qui seront décrits au fur et à mesure des questions.

Les veaux inclus dans cette étude étaient majoritairement (82%) issus de croisement industriel (mère de race laitière x père de race allaitante), provenant de l'ensemble de la France. Les caractéristiques des animaux suivis selon l'élevage et la mise en place sont résumées dans le tableau 12 suivant. Le poids moyen à l'arrivée était de 52kg, et les animaux étaient âgés de 22,5 jours en moyenne. Du fait de la faible proportion de veau femelle en atelier de veau de boucherie, aucune distinction entre mâle et femelle n'a été réalisée par la suite.

Initialement, 102 veaux ont pu être intégrés à l'étude, mais dans chaque élevage, un veau est mort durant son engraissement, dans la période entre nos visites et l'abattage. Dans l'élevage A, l'euthanasie a été réalisée du fait de son retard de croissance, et dans l'élevage B la cause de la mort serait un ulcère de caillette. Aucune autopsie n'a été réalisée.

Tableau 12 : Caractéristiques des animaux inclus dans l'étude, de la mise en lot à l'abattage

Élevage		Date de la mise en lot	Âge en jours à la mise en lot	Poids en kg à la mise en lot	Date de départ	Poids carcasse à l'abattoir	Gain Moyen Quotidien (en kg/j)
A	Min	30/08/2023	15	53	22/02/2024	141	0,45
	Q1		19	53		145	0,49
	Moyenne		22	56		148	0,52
	Médiane		22	53		150	0,53
	Q3		24	60		150	0,55
	Max		34	68		151	0,55
B	Min	04/01/2024	14	44	16/07/2024	152	0,51
	Q1		17	44		152	0,55
	Moyenne		23	48		157	0,56
	Médiane		22	48		160	0,56
	Q3		28	48		160	0,58
	Max		39	53		160	0,60

3.2 Description des résultats des examens réalisés en visite

3.2.1 Description des données relatives au scoring clinique

3.2.1.1 Description des résultats relatifs aux signes cliniques évalués (tableaux 7 et 8)

- Description du critère « température rectale »

Sur les 102 animaux et sur les six visites, seulement 2% des relevés totaux ont concerné une température rectale $\geq 39.4^\circ$, tandis que 82% des relevés totaux ont concerné une température rectale comprise entre 37.8° et 38.8° .

Le score de 0 ($\leq 37.7^\circ\text{C}$) est à 8% à J0, à 10% à J7 et redescend à 4% à J21/

Le score de 1 ($37.8^\circ\text{-}38.8^\circ\text{C}$) augmente sur les trois visites, passant de 72% à J0, à 85% à J21.

Le score de 2 ($38.9^\circ\text{-}39.3^\circ\text{C}$) est de 19% à J0 mais diminue drastiquement. Il est de 1% à J7 et de 4% à J21.

Le score de 3 ($\geq 39.4^\circ\text{C}$) est assez faible en général, passant de 1% à J0, à 4% à J21.

- Description du critère « toux »

Sur les 102 animaux et sur les six visites, le score de toux majoritaire est de 0 (86% sur l'ensemble du suivi). Le score de 0 correspond à aucune toux.

Le score de 1 (une seule toux induite) est absent à J7 et augmente à 1% à J7 et à 3% à J21,

Le score de 2 (plusieurs toux induites ou toux spontanée occasionnelle) est de 16% à J0 pour diminuer et se stabiliser à 6% sur J7 et J21.

Le score de 3 (toux spontanée répétée) augmente également, de 1% à J0, à 9% à J21.

- Description du critère « position des oreilles »

Sur les 102 animaux et sur les six visites, 98% des veaux possédaient un port d'oreille tout à fait normal.

Le score de 0 est à 97% à J0, à 96% à J7 et à 100% à J21.

- Description des critères « jetage nasal » et « jetage oculaire »

Sur les 102 animaux et sur les six visites, le score de jetage nasal majoritaire est de 0 : 90% des relevés totaux du suivi.

Le score de 0 (absence ou jetage séreux) est à 77% à J0, à 100% à J7 et à 90% à J21.

Le score de 1 (jetage unilatéral trouble, léger) passe de 15% à J0, à 8% à J21.

Le score de 2 (jetage bilatéral trouble, ou jetage muqueux excessif) passe de 6% à J0, à 2% à J21.

Le score de 3 (jetage mucopurulent bilatéral sévère) est obtenu uniquement à J0, pour 1% des relevés.

La tendance est similaire pour le jetage oculaire, le score de 0 correspond à 98% des relevés totaux.

À J1, le score de 0 est à 77% et le score de 1 est à 14%. A J7 et à J21, les veaux n'ont présenté qu'un port d'oreille tout à fait normal : 100% de score de 0.

Les tableaux 13 et 14 résument la répartition du nombre de veaux évalué en fonction des scores obtenus à chaque signe clinique évalués, par élevage.

Tableau 13 : Répartition du nombre de veaux atteints entre chaque score des cinq signes cliniques évalués, selon les jours de visite, dans l'élevage A

ÉLEVAGE A															
Score	Température rectale			Toux			Port des oreilles			Jetage nasal			Jetage oculaire		
	J0	J7	J21	J0	J7	J21	J0	J7	J21	J0	J7	J21	J0	J7	J21
0	6	-	-	27	32	32	30	29	32	22	32	32	18	32	32
1	18	31	32	-	-	-	2	3	-	9	-	-	10	-	-
2	7	-	-	5	-	-	-	-	-	1	-	-	4	-	-
3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 14 : Répartition du nombre de veaux évalué entre chaque score des cinq signes cliniques évalués, selon les jours de visite, dans l'élevage B

ÉLEVAGE B															
Score	Température rectale			Toux			Port des oreilles			Jetage nasal			Jetage oculaire		
	J0	J7	J21	J0	J7	J21	J0	J7	J21	J0	J7	J21	J0	J7	J21
0	2	10	3	58	61	53	69	69	70	57	70	60	61	70	70
1	55	59	56	-	1	3	-	-	-	6	-	9	4	-	-
2	12	1	7	11	6	6	1	1	-	5	-	1	3	-	-
3	-	0	4	1	2	9	-	-	-	1	-	-	1	-	-

3.2.1.2 Description des résultats relatifs aux scores totaux obtenus

Le scoring clinique a été réalisé sur 102 animaux, répartis sur deux élevages (32 dans l'élevage A et 70 dans l'élevage B). Ces examens ont été réalisés sur trois visites, à J0, J7 et J21 par rapport à la mise en lot. Le seuil afin de définir une atteinte clinique de BPI est un score total ≥ 5 . Le tableau 15 présente la répartition des scores totaux des deux élevages selon chaque jour de visite et sur le suivi.

Dans l'élevage A :

- J0 : trois veaux sur 32 ont présenté une atteinte clinique.
- J7 : aucun veau n'a présenté d'atteinte clinique.
- J21 : aucun veau n'a présenté d'atteinte clinique.

Dans cet élevage, la prévalence estimée à l'aide des résultats du scoring clinique est de 9% sur les quatre semaines.

Dans l'élevage B :

- J0 : cinq veaux sur 70 ont présenté une atteinte clinique.
- J7 : un veau sur 70 a présenté une atteinte clinique.
- J21 : huit veaux sur 70 ont présenté une atteinte clinique.

Dans cet élevage, la prévalence estimée à l'aide des résultats du scoring clinique est de 20% sur les quatre semaines.

Tableau 15 : Répartition des scores totaux sur les deux élevages, selon chaque jour de visite et sur le suivi

Scoring clinique total				
	J0	J7	J21	Suivi
Min	0	0	0	0
Q1	1	1	0	1
Médiane	1	1	0	1
Moyenne	2,2	1,2	0	1,6
Q3	3	1	0	1
Max	8	5	0	7

Dans l'élevage A, les trois veaux cités précédemment ont présenté une atteinte clinique uniquement à J0. Il n'y a pas d'incidence ni de persistance dans cet élevage.

Dans l'élevage B :

- Cinq veaux ont présenté une atteinte clinique uniquement à J0
- Un veau a présenté une atteinte clinique uniquement à J7
- Huit veaux ont présenté une atteinte clinique uniquement à J21

Dans cet élevage, il n'y a aucune persistance des atteintes cliniques. Les incidences à J7 et J21 sont donc de 1,4% et de 11,4% respectivement.

Le tableau 16 résume la répartition des veaux en fonction des scores totaux obtenus et les résultats des prévalences et incidences observées avec le scoring clinique à chaque visite, par élevage.

Tableau 16 : Répartition du nombre de veaux en fonction des score totaux obtenus au scoring clinique, résultats en fonction des résultats du scoring clinique à chaque visite, par élevage.

	Élevage A (n = 32)			Élevage B (n=70)		
	J0	J7	J21	J0	J7	J21
Score total <5	29	32	32	65	69	62
Score total ≥5	3	-	-	5	1	8
Prévalence	9%			20%		
Incidence	-	0	0	-	1,4%	11,4%
Persistance	-	0	0	-	0	0

3.2.2 Description des données relatives à l'échographie pulmonaire

3.2.2.1 Description des résultats relatifs à la nature des lésions échographiques observées.

306 échographies pulmonaires complètes ont été réalisées sur les 102 animaux, et un total de 195 lésions a été observé. Sur ces 195 lésions, 50% correspondaient à des lésions de queue de comètes (lésions A et B), et 49% correspondaient à des lésions de consolidation, quelle que soit leur taille (lésions C, D, E, F ET G). Le 1% restant correspondait à des lésions d'épanchement.

En entrant dans le détail, la lésion majoritaire est la lésion A, représentant 49% des observations.

Les lésions de consolidation D, E, F et G, représentent 36% des observations. Parmi elles, on compte 23% de lésions de consolidation F et G.

Le tableau 17 présente la répartition du nombre de lésions échographiques selon leur nature, au sein des élevages, à chaque visite et sur l'ensemble du suivi.

Tableau 17 : Répartition du nombre de lésions échographiques selon leur nature, au sein des élevages, à chaque visite et sur l'ensemble du suivi.

	Élevage A			Élevage B			Suivi
	J0	J7	J21	J0	J7	J21	
Lésion A	14	11	8	17	20	25	95
Lésion B	1	0	0	0	0	0	1
Lésion C	3	1	0	6	8	7	25
Lésion D	6	6	4	13	9	11	49
Lésion E	0	0	0	3	2	1	6
Lésion F	0	0	0	0	4	7	11
Lésion G	0	0	0	2	2	1	5
Lésion H	0	3	0	0	0	0	2

Lésion A = au moins 5 queues de comète, largeur <1cm, lésion B = plusieurs queues de comète dont une dont la largeur >1cm, lésion C = une lésion de consolidation <1cm², lésion D = une lésion de consolidation ≥1cm², lésion E = plusieurs lésions dont au moins une mesurant 1cm² ou plus, lésion F = une consolidation ≥3cm², lésion G = plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm² ou plus

3.2.2.2 Description des résultats au nombre de lésions de consolidation observées

Sur les 102 veaux intégrés dans l'étude, 43 d'entre eux (42%) ont présenté au moins une lésion mesurant 1cm² ou plus (lésions D, E, F et G). Parmi les 43 veaux cités ci-dessus, 11 d'entre eux (26%) ont présenté au moins une lésion mesurant 3cm² ou plus (lésion F et G).

Dans l'élevage A (32 veaux) :

- J0 : quatre veaux présentaient au moins une lésion D ou plus, et aucun veau ne présentait de lésions F ou plus
- J7 : cinq veaux présentaient au moins une lésion D ou plus, et aucun veau ne présentait de lésions F ou plus
- J21 : trois veaux présentaient au moins une lésion D ou plus, et aucun veau ne présentait de lésion F ou plus

Dans cet élevage, la prévalence estimée à l'aide de l'échographie au seuil de 1cm² est de 25% et celle au seuil de 3cm² est de 0.

Une incidence de 13% à J7 au seuil de 1cm² a été calculée, les autres incidences sont de 0.

Les persistances de J0 à J7 et de J7 à J21 sont respectivement de 25% et 60% au seuil de 1cm², tandis qu'elles sont de 0 au seuil de 3cm².

Dans l'élevage B (70 veaux) :

- J0 : 15 veaux présentait au moins une lésion D ou plus, dont deux d'entre eux présentait de lésions F ou plus
- J7 : 15 veaux présentait au moins une lésion D plus, dont cinq d'entre eux présentait au moins une lésion F ou plus
- J21 : 18 veaux présentait au moins une lésion D ou plus, dont sept d'entre eux présentait au moins une lésion F ou plus

Dans cet élevage, la prévalence estimée à l'aide de l'échographie au seuil de 1cm² est de 47%, et celle au seuil de 3cm² est de 14%

Des incidences de 11% à J7 et 14% à J21 au seuil de 1cm² ont été calculées. Les incidences au seuil 3cm² sont de 5% à J7 et à J21.

Les persistances de J0 à J7 et de J7 à J21 sont respectivement de 40% et 53% au seuil de 1cm², tandis qu'elles sont de 50% et 60% respectivement au seuil de 3cm².

Le tableau 18 suivant présente la répartition des veaux selon la taille de leur lésion de consolidation, ainsi que les performances épidémiologiques de l'échographie pulmonaire, à chaque visite et sur le suivi.

Tableau 18 : Répartition du nombre de veaux selon la taille de leur lésion de consolidation, performances épidémiologiques de l'échographie pulmonaire selon les résultats par seuil, à chaque visite dans chaque élevage.

	Élevage A			Élevage B		
	J0	J7	J21	J0	J7	J21
Lésion D, E, F et G	4	5	3	15	15	18
Lésion F et G	0	0	0	2	5	7
Prévalence au seuil de 1cm ²	25%			50%		
Prévalence au seuil de 3cm ²	0			14%		
Incidence au seuil de 1cm ²	0	13%	0	0	11%	14%
Incidence au seuil de 3cm ²	0	0	0	0	5%	5%
Persistance au seuil de 1cm ²	0	25%	60%	0	40%	53%
Persistance au seuil de 3cm ²	0	0	0	0	50%	60%

Lésion D = une lésion de consolidation ≥1cm², lésion E = plusieurs lésions dont au moins une mesurant 1cm² ou plus, lésion F = une consolidation ≥3cm², lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm² ou plus

3.2.2.3 Description des résultats relatifs au côté et lobe atteint, seuil de 1cm²

43 veaux ont présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ à l'échographie. Parmi eux, 35 veaux (81%) ont présenté une lésion d'un seul côté tandis que huit veaux (19%) ont présenté une lésion à droite et à gauche. Sur les 35 veaux ayant présenté une seule lésion, 34 (97%) ont présenté une lésion à droite et un seul à gauche.

Au total, 51 lobes ($35 + 8 \times 2$) ont été concernés par des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ à l'échographie pulmonaire. Le lobe crânial droit a été concerné 38 fois, le lobe moyen droit a été concerné cinq fois, et le lobe crânial gauche a été concerné huit fois.

3.2.2.4 Description des résultats relatifs au côté et lobe atteint, seuil de 3cm²

10 veaux ont présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie. Parmi eux, neuf veaux (90%) ont présenté une lésion d'un seul côté tandis qu'un veau (10%) a présenté une lésion à droite et à gauche. Les neuf veaux ayant présenté une seule lésion l'ont présenté du côté droit.

Au total, 11 lobes ($9 + 1 \times 2$) ont été concernés par des lésions de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie pulmonaire. Le lobe crânial droit a été concerné 10 fois, et le lobe crânial gauche une fois.

Le tableau 19 présente la répartition du nombre de lésion par lobe touché, en fonction du seuil de taille de lésion de consolidation de 1cm² et de 3cm².

Tableau 19 : Répartition du nombre de lésions par lobe touché, en fonction du seuil de taille de lésions de consolidation de 1cm² et de 3cm²

	Lobe crânial Droit	Lobe moyen Droit	Lobe crânial Gauche
Nombre de lésions de consolidation au seuil de 1cm²	38	5	8
Nombre de lésions de consolidation au seuil de 3cm²	10	0	1

3.2.3 Description des données relatives à l'examen post mortem

Alors qu'initialement 102 veaux avaient été intégrés à l'étude, deux veaux sont morts entre les visites et l'abattage. De plus, du fait des contraintes logistiques, 10 poumons n'ont pas pu être observés, sept provenant du lot de l'élevage A, et trois du lot de l'élevage B. Ainsi, les résultats de seulement 90 poumons ont été exploitables.

Sur les 90 poumons, 37 (41%) ont présenté des lésions de BPI lors de l'examen post mortem. Neuf veaux de l'élevage A ont présenté des lésions de BPI à l'abattoir et 28 veaux de l'élevage B ont présenté des lésions de BPI à l'abattoir. 11 poumons ont présenté une atteinte de deux lobes, et 25 poumons ont présenté une atteinte d'un seul lobe.

Sur les 185 lobes au total, 47 lobes ont présenté des lésions de BPI. 23 lobes crâniens droits ont présenté des lésions (49%), 11 lobes moyens droits ont présenté des lésions (23%), et 13 lobes crâniens gauche ont présenté des lésions (28%).

3.3 Concordance entre l'échographie pulmonaire et le scoring clinique

3.3.1 Concordance entre l'échographie pulmonaire au seuil de 1cm², et le scoring clinique

Le tableau 28 résume les valeurs informatives obtenues par jour de visite et au cours du suivi, d'après les résultats des échographies pulmonaires au seuil de taille de lésion de consolidation de 1cm².

3.3.1.1 Concordance à J0

- Une lésion $\geq 1\text{cm}^2$

À J0, huit veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, seulement deux veaux ont présenté une seule lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$. Cependant, l'échographie a révélé une seule lésion de consolidations $\geq 1\text{cm}^2$ chez 12 veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 20 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J0.

Tableau 20 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 1cm² à l'échographie à J0.

J0	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion D, F	2	12
Pas de lésion ou autre lésion de consolidation	6	82

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour établir la concordance entre la présence d'une lésion D et une atteinte clinique identifiée avec le scoring clinique à J0. Le coefficient de Cohen κ est de 0,091, il y a donc une concordance très faible entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour les seules consolidations de 1cm²) vis-à-vis du scoring clinique sont de 25% et 87% à J0.

- Plusieurs lésions $\geq 1\text{cm}^2$

À J0, huit veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, seulement trois ont présenté une ou plusieurs lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$. Cependant, l'échographie a révélé des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ chez 16 veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 21 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J0.

Tableau 21 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 1cm² à l'échographie à J0

J0	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion D, E, F, G	3	16
Pas de lésion	5	78

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion E = plusieurs lésions dont au moins une mesurant 1cm² ou plus, lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm² ou plus

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour établir la concordance entre la présence d'au moins une lésion D, E, F ou G, et une atteinte clinique identifiée avec le scoring clinique à J0. Le coefficient de Cohen κ est de 0,126, il y a donc une concordance très faible entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie pulmonaire (pour toutes les lésions au seuil de 1cm²) sont de 38% et 83% à J0.

Dans l'élevage A, la VPP est de 43 % tandis que la VPN est de 80%.

Dans l'élevage B, la VPP est de 69% tandis que la VPN est de 57%.

3.3.1.2 Concordance à J7

- Une lésion $\geq 1\text{cm}^2$

À J7, un seul veau a été identifié comme atteint cliniquement de BPI. Il présentait également une seule lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ chez 15 veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 22 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J7.

Tableau 22 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 1cm² à l'échographie à J7

J7	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion D, F	1	15
Pas de lésion ou autre lésion de consolidation	0	86

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$

Le coefficient de Cohen κ a également été calculé pour évaluer la concordance entre les résultats du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire à J7. Le coefficient κ est de 0,101, il y a donc une très faible concordance entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour les seules consolidations de 1cm²) vis-à-vis du scoring clinique sont de 100% et 85% à J7.

- Plusieurs lésions $\geq 1\text{cm}^2$

À J7, un seul veau a été identifié comme atteint cliniquement de BPI. Il présentait également au moins une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ chez 19 veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 23 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J7.

Tableau 23 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 1cm^2 à l'échographie à J7

J7	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion D, E, F, G	1	19
Pas de lésion	0	82

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion E = plusieurs lésions dont au moins une mesurant 1cm^2 ou plus, lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm^2 ou plus

Le coefficient de Cohen κ a également été calculé pour évaluer la concordance entre les résultats du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire à J7. Le coefficient κ est de 0,078, il y a donc une très faible concordance entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour tes les lésions de 1cm^2) vis-à-vis du scoring clinique sont de 100% et 81% à J7.

Dans l'élevage A, la VPP est de 64% tandis que la VPN est de 100%.

Dans l'élevage B, la VPP est de 78% tandis que la VPN est de 100%.

3.2.1.3 Concordance à J21

- Une lésion $\geq 1\text{cm}^2$

À J21, huit veaux ont été identifiés comme atteint cliniquement de BPI. Parmi eux, cinq veaux ont également présenté une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ chez 15 veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 24 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J7.

Tableau 24 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 1cm^2 à l'échographie à J21

J21	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion D, F	5	15
Pas de lésion ou autre lésion de consolidation	3	79

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$

Le coefficient de Cohen κ a également été calculé pour évaluer la concordance entre les résultats du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire à J7. Le coefficient κ est de 0,276, il y a donc une faible concordance entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour les seules consolidations de 1cm^2) vis-à-vis du scoring clinique sont de 63% et 84% à J21.

- Plusieurs lésions $\geq 1\text{cm}^2$

À J21, huit veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, six veaux ont également présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ chez 16 veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 25 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J21.

Tableau 25 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 1cm^2 à l'échographie à J21

J21	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion D, E, F, G	6	16
Pas de lésion	2	78

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion E = plusieurs lésions dont au moins une mesurant 1cm^2 ou plus, lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm^2 ou plus

Le coefficient de Cohen κ a également été calculé pour évaluer la concordance entre les résultats du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire à J21. Le coefficient κ est de 0,322, il y a donc une concordance faible entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour toutes les lésions de 1cm^2) vis-à-vis du scoring clinique sont de 75% et 83% à J21.

Dans l'élevage A, la VPP est de 60% tandis que la VPN est de 91%.

Dans l'élevage B, la VPP est de 82% tandis que la VPN est de 77%.

3.2.1.4 Concordance au cours du suivi

- Une lésion $\geq 1\text{cm}^2$

Sur l'ensemble du suivi, huit veaux ont été identifiés comme atteint cliniquement de BPI. Parmi eux, cinq veaux ont également présenté une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé une lésion de consolidations $\geq 1\text{cm}^2$ chez 15 veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 26 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire sur le suivi.

Tableau 26 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 1cm² à l'échographie sur le suivi

SUIVI	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion D, F	8	28
Pas de lésion ou autre lésion de consolidation	9	57

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$

Le coefficient de Cohen κ a également été calculé pour évaluer la concordance entre les résultats du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire à J7. Le coefficient κ est de 0,098, il y a donc une très faible concordance entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives au total de l'échographie (au seuil de 1cm²) vis-à-vis du scoring clinique sont de 47% et 67% au cours du suivi.

- Plusieurs lésions $\geq 1\text{cm}^2$

Sur l'ensemble du suivi, 17 veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, 10 veaux ont également présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ à l'échographie. D'autre part, parmi les 85 veaux qui ont été déclarés comme non atteints cliniquement, 40 ont présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ à l'échographie pulmonaire.

Le tableau 27 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire sur l'ensemble du suivi.

Tableau 27 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 1cm² à l'échographie sur le suivi

SUIVI	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion D, E, F, G	10	40
Pas de lésion	7	85

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion E = plusieurs lésions dont au moins une mesurant 1cm² ou plus, lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm² ou plus

Le coefficient de Cohen κ a également été calculé pour évaluer la concordance entre les résultats du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire sur l'ensemble du suivi. Le coefficient κ est de 0,066, il y a donc une concordance très faible entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (pour toutes les lésions au seuil de 1cm²) vis-à-vis du scoring clinique liées aux résultats de l'ensemble du suivi sont de 59% et 53%.

Dans l'élevage A, la VPP est de 30% tandis que la VPN est de 80%.

Dans l'élevage B, la VPP est de 56% tandis que la VPN est de 56%.

Tableau 28 : Valeurs informatives de l'échographie pulmonaire vis à vis du scoring clinique selon les jours de visite et sur l'ensemble du suivi, à un seuil de 1cm² pour une ou plusieurs lésions de consolidation

	J0		J7		J21		Suivi	
Se	38%		100%		75%		59%	
Sp	83%		81%		83%		53%	
	A	B	A	B	A	B	A	B
VPP	43%	69%	64%	78%	60%	82%	30%	56%
VPN	80%	57%	100%	100%	91%	77%	80%	56%

Se = sensibilité, Sp = spécificité, VPP = valeur prédictive positive, VPN = valeur prédictive négative

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS DE L'ÉCHOGRAPHIE PULMONAIRE AU SEUIL DE 1CM² EN COMPARAISON AUX RÉSULTATS DU SCORING CLINIQUE :

La concordance entre le scoring clinique et l'échographie pulmonaire au seuil de 1cm² pour la taille des lésions de consolidation est faible à très faible à chaque visite et sur l'ensemble du suivi, quel que soit le nombre de lésion observée à l'échographie (κ moyen = 0,14475).

À chaque visite les sensibilités et spécificités de l'échographie pulmonaire, quel que soit le nombre de lésions observées, sont moyennes voir mauvaises. Les sensibilités sont comprises entre 38% et 100% (1 vrai positif et 0 faux positif à J7), et les spécificités sont comprises entre 81 et 83%.

Sur le suivi, la spécificité et la sensibilité ne sont pas bonnes : 59% et 53% respectivement.

De même, les VPP de l'élevage A et de l'élevage B ne sont en moyenne pas bonnes, quel que soit le jour de visite ou sur le suivi, et le nombre de lésions observées.

Les VPP de l'élevage A sont comprises entre 30% et 64%.

Les VPP de l'élevage B sont comprises entre 56% et 82%

À J7, les sensibilités et les VPN excellentes (100%) de l'élevage A et B sont dues au fait qu'il n'y avait qu'un vrai positif et aucun faux positif.

À J21, les sensibilités et les VPN correctes de l'élevage A et B sont dues au fait que le peu de veau présentant une atteinte clinique se trouvaient uniquement dans l'élevage B.

On observe une réelle différence de performance entre les deux élevages dû à la plus faible prévalence et au plus faible nombre de cas cliniques dans l'élevage A.

3.3.2 Concordance entre l'échographie pulmonaire au seuil de 3cm², et le scoring clinique

Le tableau 37 résume les valeurs informatives obtenues par jour de visite et sur le suivi, d'après les résultats des échographies pulmonaires au seuil de taille de lésions de consolidation de 3cm².

3.3.2.1 Concordance à J0

- Une lésion $\geq 3\text{cm}^2$

À J0, huit veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, aucun n'a présenté une seule lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$. Cependant, l'échographie a révélé une seule lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ chez deux veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 29 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J0.

Tableau 29 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 3cm² à l'échographie à J0

J0	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion F	0	2
Pas de lésion ou autre lésion de consolidation	8	92

Lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour établir la concordance entre la présence d'une lésion G et une atteinte clinique identifiée avec le scoring clinique à J0. Le coefficient de Cohen κ est de -0,032, il y a donc aucune concordance entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour les seules consolidations de 3cm²) vis-à-vis du scoring clinique sont de 0% et 98% à J0.

- Plusieurs lésions $\geq 3\text{cm}^2$

À J0, huit veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, aucun n'a présenté de lésions de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé des lésions de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ chez deux veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 30 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J0.

Tableau 30 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 3cm² à l'échographie à J0

J0	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion F et G	0	2
Pas de lésion	8	92

Lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm² ou plus

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour établir la concordance entre la présence d'au moins une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie, et une atteinte clinique identifiée avec le scoring clinique à J0. Le coefficient de Cohen κ est de -0,032, il y a donc aucune concordance entre les deux critères.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie pulmonaire (pour toutes les lésions au seuil de 3cm²) sont de 0% et 98% à J0.

Dans l'élevage A, la VPP est de 0 tandis que la VPN est de 88%.

Dans l'élevage B, la VPP est de 0 tandis que la VPN est de 99,8%

3.3.2.2 Concordance à J7

- Une lésion $\geq 3\text{cm}^2$

À J7, un seul veau a été identifié comme atteint cliniquement de BPI. Il présentait également une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ chez deux veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 31 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J7.

Tableau 31 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 3cm² à l'échographie à J7

J7	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion F	1	2
Pas de lésion ou autre lésion de consolidation	0	99

Lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour établir la concordance entre la présence d'une lésion F et une atteinte clinique identifiée avec le scoring clinique à J7. Le coefficient de Cohen κ est de 0,493, il y a donc une concordance modérée entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour les seules consolidations de 3cm²) vis-à-vis du scoring clinique sont de 100% et 98% à J7.

- Plusieurs lésions $\geq 3\text{cm}^2$

À J7, un seul veau a été identifié comme atteint cliniquement de BPI. Il présentait également au moins une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé des lésions de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ chez quatre veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 32 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J7.

Tableau 32 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 3cm^2 à l'échographie à J7

J7		102 veaux	
		Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion F et G		1	4
Pas de lésion		0	97

Lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm^2 ou plus

Le coefficient de Cohen κ a également été calculé pour évaluer la concordance entre les résultats du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire à J7. Le coefficient κ est de 0,322, il y a donc une concordance faible entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour toutes les lésions de 3cm^2) vis-à-vis du scoring clinique sont de 100% et 96% à J7.

Dans l'élevage A, la VPP est de 0 tandis que la VPN est de 100%.

Dans l'élevage B, la VPP est de 100% tandis que la VPN est de 100%.

3.3.2.3 Concordance à J21

- Une lésion $\geq 3\text{cm}^2$

À J21, huit veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, un seul veau a également présenté une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé une lésion de consolidations $\geq 3\text{cm}^2$ chez six veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 33 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J21.

Tableau 33 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 3cm^2 à l'échographie à J21

J21		102 veaux	
		Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion F		1	6
Pas de lésion ou autre lésion de consolidation		7	88

Lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour établir la concordance entre la présence d'une lésion F et une atteinte clinique identifiée avec le scoring clinique à J21. Le coefficient de Cohen κ est de 0,065, il y a donc une très faible concordance entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour les seules consolidations de 3cm²) vis-à-vis du scoring clinique sont de 13% et 94% à J21.

- Plusieurs lésions $\geq 3\text{cm}^2$

À J21, huit veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, un seul veau a également présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie. Cependant, l'échographie a révélé des lésions de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ chez six veaux qui ne présentaient pas d'atteinte clinique. Le tableau 34 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire à J21.

Tableau 34 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 3cm² à l'échographie à J21

J21	102 veaux	
	Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion F et G	1	6
Pas de lésion	7	88

Lésion F = Une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm² ou plus

Le coefficient de Cohen κ a également été calculé pour évaluer la concordance entre les résultats du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire à J21. Le coefficient κ est de 0,065, il y a donc une très faible concordance entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (au seuil pour toutes les lésions de 1cm²) vis-à-vis du scoring clinique sont de 13% et 94% à J21.

Dans l'élevage A, la VPP est de 0 tandis que la VPN est de 52%.

Dans l'élevage B, la VPP est de 26% tandis que la VPN est de 52%.

3.3.2.4 Concordance au cours du suivi

- Une lésion $\geq 3\text{cm}^2$

Sur l'ensemble du suivi, 17 veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, deux veaux ont également présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie. D'autre part, parmi les 85 veaux qui ont été déclarés comme non atteints cliniquement, 12 ont présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ à l'échographie pulmonaire.

Le tableau 35 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire sur l'ensemble du suivi.

Tableau 35 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et la lésion détectée au seuil de 3cm² à l'échographie sur le suivi.

SUIVI		102 veaux	
		Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion F		2	12
Pas de lésion ou autre lésion de consolidation		15	73

Lésion F = une consolidation ≥3cm²

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour établir la concordance entre la présence d'une lésion F et une atteinte clinique identifiée avec le scoring clinique sur le suivi. Le coefficient de Cohen κ est de -0,065, il y a donc aucune concordance entre les deux critères utilisés.

Les sensibilités et spécificités relatives au total de l'échographie (au seuil pour les seules consolidations de 3cm²) vis-à-vis du scoring clinique sont de 81% et 86% au cours du suivi.

- Plusieurs lésions ≥ 3cm²

Sur l'ensemble du suivi, 17 veaux ont été identifiés comme atteints cliniquement de BPI. Parmi eux, deux veaux ont également présenté au moins une lésion de consolidation ≥3cm² à l'échographie. D'autre part, parmi les 85 veaux qui ont été déclarés comme non atteints cliniquement, 12 ont présenté au moins une lésion de consolidation ≥3cm² à l'échographie pulmonaire.

Le tableau 36 résume la répartition des veaux selon leur résultat au scoring clinique et à l'échographie pulmonaire sur l'ensemble du suivi.

Tableau 36 : Répartition des veaux selon leur score clinique total et les lésions détectées au seuil de 3cm² à l'échographie sur le suivi

SUIVI		102 veaux	
		Atteinte clinique	Pas d'atteinte clinique
Lésion F et G		2	12
Pas de lésion		15	73

Lésion F = Une consolidation ≥3cm², lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm² ou plus

Le coefficient de Cohen κ a également été calculé pour évaluer la concordance entre les résultats du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire sur l'ensemble du suivi. Le coefficient κ est de -0,065, il y a donc aucune concordance entre les deux critères.

Les sensibilités et spécificités relatives de l'échographie (pour toutes les lésions au seuil de 3cm²) vis-à-vis du scoring clinique liées aux résultats de l'ensemble du suivi sont de 81% et 86%.

Dans l'élevage A, la VPP est de 0 tandis que la VPN est de 100%.

Dans l'élevage B, la VPP est de 14% tandis que la VPN est de 49%.

Tableau 37 : Valeurs informatives de l'échographie pulmonaire vis à vis du scoring clinique selon les jours de visite et sur l'ensemble du suivi, à un seuil de 3cm² pour les lésions de consolidation

	J0		J7		J21		Suivi	
Se	0%		100%		13%		81%	
Sp	98%		96%		94%		86%	
	A	B	A	B	A	B	A	B
VPP	0	0	0	100%	0	26%	0	14%
VPN	88%	99.8%	100%	100%	52%	52%	100%	49%

Se = sensibilité, Sp = spécificité, VPP = valeur prédictive positive, VPN = valeur prédictive négative

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS DE L'ÉCHOGRAPHIE PULMONAIRE AU SEUIL DE 3CM² EN COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS DU SCORING CLINIQUE :

La concordance entre le scoring clinique et l'échographie pulmonaire au seuil de 3cm² pour la taille des lésions de consolidation est faible à très faible à chaque visite et sur l'ensemble du suivi, quel que soit le nombre de lésions observées à l'échographie (κ moyen = 0,093875). Le coefficient de Kappa moyen est même plus faible que celui du seuil de 1cm².

La sensibilité sur le suivi est correcte au seuil de 3cm², en comparaison au seuil de 1cm². Cependant, elle passe de 0% à J0, de 100% à J7 et de 13% à J21, étant dépendante du nombre de vrais positifs.

Comparé au seuil de 1cm², la spécificité est meilleure, quel que soit le jour de visite ou sur le suivi, et le nombre de lésion observée. Sur le suivi, elle est de 86% (comparé à 53%).

De même, les VPP de l'élevage A et de l'élevage B sont en moyenne correctes, quel que soit le jour de visite ou sur le suivi, et le nombre de lésion observée.

Les VPP de l'élevage A sont toutes de 0.

Les VPP de l'élevage B sont comprises entre 26% et 100%, sachant la VPP sur le suivi est de 14%.

À J0, les VPN sont très bonnes étant donné qu'il n'y avait que peu de veaux atteints cliniquement, et parmi eux, aucun vrai positif.

À J7, les sensibilités et les VPN excellentes (100%) de l'élevage A et B sont également dû au fait qu'il n'y avait qu'un seul vrai positif et aucun faux positif.

On observe une réelle différence de performance entre les deux élevages dû à la plus faible prévalence et au plus faible nombre de cas cliniques dans l'élevage A.

3.4 Concordance entre l'échographie pulmonaire et l'examen post mortem

Les poumons de seulement 90 veaux ont pu être examinés. Lors de l'examen post mortem, il a été vérifié s'il y avait ou non présence de lésions compatibles avec des lésions de BPI et sur quel lobe ces lésions étaient présentes. Il s'agit du gold standard utilisé pour évaluer les performances de l'échographie pulmonaire.

3.4.1 Concordance entre l'échographie pulmonaire au seuil de 1cm², et l'examen post mortem

Sur 90 veaux, 38 ont présenté des lésions de BPI lors de l'examen post mortem. Parmi eux, 30 avaient présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ durant le suivi. Cependant, l'échographie avait révélé des lésions de consolidation chez 10 veaux qui n'ont pas présenté de lésions à l'examen post mortem. Le tableau 37 résume la répartition des veaux selon leur résultat à l'échographie pulmonaire sur l'ensemble du suivi, et selon ceux de l'examen post mortem.

Tableau 38 : Répartition des veaux selon les lésions détectées à l'échographie au seuil de 1cm² et selon l'examen post mortem

SUIVI	90 veaux	
	Présence de lésions à l'abattoir	Absence de lésions à l'abattoir
Lésion D, E, F, G	30	10
Pas de lésion	7	43

Lésion D = une lésion de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, lésion E = plusieurs lésions dont au moins une mesurant 1cm² ou plus, lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm² ou plus

Le coefficient de Cohen κ calculé afin d'évaluer la concordance entre les deux examens est de 0,615. On peut donc dire qu'il y a une concordance forte entre l'échographie pulmonaire au seuil de taille de lésion de consolidation de 1cm², et les lésions observées à l'examen post mortem.

3.4.2 Description des valeurs informatives de l'échographie pulmonaire au seuil de taille de 1cm² vis à vis de l'examen post mortem

Sur le suivi, la sensibilité et la spécificité de l'échographie pulmonaire au seuil de 1cm² pour les lésions de consolidation vis à vis de l'examen post mortem sont :

- La sensibilité relative est de 81%
- La spécificité relative est de 81%

Par élevage, la VPP et la VPN de l'échographie pulmonaire au seuil de 1cm² pour les lésions de consolidation vis à vis de l'examen post mortem sont les suivantes :

- Élevage A : VPP de 100% et VPN de 88%
- Élevage B : VPP de 71% et VPN de 89%.

3.4.3 Concordance entre l'échographie pulmonaire au seuil de 3cm², et l'examen post mortem

Sur 90 veaux, 37 ont présenté des lésions de BPI lors de l'examen post mortem. Parmi eux, huit avaient présenté au moins une lésion de consolidation $\geq 3\text{cm}^2$ durant le suivi. Cependant, l'échographie avait révélé des lésions de consolidation chez un veau qui ne présentait pas de lésion à l'examen post mortem. Le tableau 39 résume la répartition des veaux selon leur résultat à l'échographie pulmonaire sur l'ensemble du suivi, et selon ceux de l'examen post mortem.

Tableau 39 : Répartition des veaux selon les lésions détectées à l'échographie au seuil de 3cm² et selon l'examen post mortem

SUIVI	90 veaux	
	Présence de lésions à l'abattoir	Absence de lésions à l'abattoir
Lésion F et G	8	1
Pas de lésion	29	52

Lésion F = une consolidation $\geq 3\text{cm}^2$, lésion G = Plusieurs lésions dont au moins une mesurant 3cm² ou plus

Le coefficient de Cohen κ , calculé afin d'évaluer la concordance entre les deux examens est de 0,223. On peut donc dire qu'il y a une concordance faible entre l'échographie pulmonaire au seuil de taille de lésion de consolidation de 3cm², et les lésions observées à l'examen post mortem.

3.4.4 Description des valeurs informatives de l'échographie pulmonaire au seuil de taille de 3cm² vis à vis de l'examen post mortem

Sur le suivi, la spécificité et la sensibilité de l'échographie pulmonaire au seuil de 3cm² pour les lésions de consolidation vis à vis de l'examen post mortem sont :

- La sensibilité relative est de 22%
- La spécificité relative est de 98%

Par élevage, la VPP et la VPN de l'échographie pulmonaire au seuil de 3cm² pour les lésions de consolidation vis à vis de l'examen post mortem sont les suivants :

- Élevage A : VPP de 0 et VPN de 72%
- Élevage B : VPP de 89% et VPN de 67%.

3.4.5 Concordance entre le côté concerné par les observations échographiques et à l'examen post mortem

Sur les 47 lobes touchés par des lésions de BPI à l'examen post mortem, 33 observations échographiques sur les 47 (70%) ont concerné le même côté.

3.4.6 Concordance entre le lobe concerné par les observations échographiques et à l'examen post mortem

Alors que 47 lobes ont présenté des lésions de BPI lors de l'examen post mortem, les observations faites à l'échographie pulmonaire ont été concordantes avec 27 lobes (57%).

3.4.6.1 Lobes crâniens et moyens droits

Sur le lobe crânial droit, 18 lésions sur 24 (75%) ont été correctement détectées avec l'échographie pulmonaire. Sur le lobe moyen droit, trois lésions sur 11 (27%) ont été correctement détectées avec l'échographie pulmonaire.

Les tableaux 40 et 41 résument la répartition des résultats selon le lobe touché à l'examen post mortem, et le lobe touché à l'échographie pulmonaire.

Tableau 40 : répartition des résultats vis à vis du lobe crânial droit, selon les observations faites à l'échographie pulmonaire et à l'examen post mortem

	Lobe crânial D + BPI	Autre lobe + BPI
Lobe crânial D touché à l'échographie	18	8
Autre lobe touché à l'échographie	6	15

D = droit, BPI = bronchopneumonie infectieuse, + = atteint

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour évaluer la concordance entre les observations faites à l'échographie pulmonaire et à l'examen post mortem concernant le lobe crânial droit. Le coefficient est de 0,417, la concordance est donc modérée.

Tableau 41 : répartition des résultats vis à vis du lobe moyen droit, selon les observations faites à l'échographie pulmonaire et à l'examen post mortem

	Lobe moyen D + BPI	Autre lobe + BPI
Lobe moyen D touché à l'échographie	3	2
Autre lobe touché à l'échographie	8	34

D = droit, BPI = bronchopneumonie infectieuse, + = atteint

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour évaluer la concordance entre les observations faites à l'échographie pulmonaire et à l'examen post mortem concernant le lobe moyen droit. Le coefficient est de 0,271, la concordance est donc faible.

3.4.6.2 Lobe crânial gauche

Concernant le lobe crânial gauche, six lésions sur 13 (46%) ont été correctement détectées avec l'échographie pulmonaire.

Le tableau 42 résume la répartition des résultats selon le lobe crânial gauche touché à l'examen post mortem, et le lobe touché à l'échographie pulmonaire.

Tableau 42 : répartition des résultats vis à vis du lobe crânial gauche, selon les observations faites à l'échographie pulmonaire et à l'examen post mortem

	Lobe moyen G + BPI	Autre lobe + BPI
Lobe moyen G touché à l'échographie	6	1
Autre lobe touché à l'échographie	7	33

G = gauche, BPI = bronchopneumonie infectieuse, + = atteint

Le coefficient de Cohen κ a été calculé pour évaluer la concordance entre les observations faites à l'échographie pulmonaire et à l'examen post mortem concernant le lobe crânial gauche. Le coefficient est de 0,468, la concordance est donc modérée.

3.5 Évaluation de l'efficacité des traitements collectifs et individuels

Trois traitements collectifs ciblant les BPI ont été mis en place sur les semaines des visites J0, J7 et J21 après l'arrivée en atelier des veaux. Ils avaient pour but de soigner les animaux cliniquement atteints de BPI d'un lot et de prévenir la contamination des autres animaux du lot. Afin d'évaluer l'efficacité du premier traitement, je me suis basée sur l'incidence (nombre de nouveaux cas) à J7, et pour le second traitement, sur l'incidence à J21. La prévalence des BPI étant considérablement différente entre les élevages, les résultats seront donnés en fonction des élevages.

L'identification de nouveaux cas s'est fondée sur les résultats du scoring clinique (score total ≥ 5) et sur les résultats des observations échographiques (une ou plusieurs lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$). Une étude américaine recommande l'utilisation de traitement collectif à partir de 5% de nouveau cas/jour (Pollreisz et al, 1991). Je me suis donc fondée sur ce seuil pour évaluer les performances des traitements collectifs, en estimant qu'après un traitement collectif, le nombre de nouveaux cas ne devait pas dépasser 5%.

De plus, des traitements individuels ont été mis en place dès lors que des lésions de consolidation mesurant 1cm^2 ou plus étaient détectées à l'échographie pulmonaire, dans le but de cibler ces lésions et de les faire disparaître. Afin d'évaluer l'efficacité de ces traitements, je me suis basée sur le taux de guérison des lésions détectées à l'échographie entre les visites J0 et J7, ainsi qu'entre les visites J7 et J21. Je me suis fondée uniquement sur les observations échographiques pour mettre en place un traitement individuel, puisque le jour même de chaque visite, les veaux étaient encore sous traitement collectif.

Grâce aux lésions observées à l'examen post mortem, j'ai également évalué le taux de guérison lésionnel des veaux ayant reçu un ou plusieurs traitements individuels sur le suivi sur la base des observations échographiques.

3.5.1 Performances des traitements collectifs dans l'élevage A

Le **premier traitement collectif** a été mis en place la même semaine que celle de la visite J0.

À J7, deux jours après la fin du traitement, en compilant les résultats des scoring clinique et des échographies pulmonaires, quatre nouveaux cas ont été identifiés. On a donc une incidence à J7 de 12,5%.

Le **second traitement collectif** a été mis en place la même semaine que celle de la visite J7.

À J21, neuf jours après la fin du traitement, en compilant les résultats des scoring clinique et des échographies pulmonaires, aucun nouveau cas n'a été identifié. Il n'y a aucune incidence à J21.

Dans l'élevage A, à J21, l'absence de nouveau cas après le second traitement collectif démontre l'efficacité de la métaphylaxie dans la gestion des BPI dans cet élevage.

3.5.2 Performances des traitements collectifs dans l'élevage B

Le **premier traitement collectif** a été mis en place la même semaine que celle de la visite J0.

À J7, deux jours après la fin du traitement, en compilant les résultats des scoring clinique et des échographies pulmonaires, 12 nouveaux cas ont été identifiés. On a donc une incidence à J7 de 17%.

Le **second traitement collectif** a été mis en place la même semaine que celle de la visite J7.

À J21, neuf jours après la fin du traitement, en compilant les résultats des scoring clinique et des échographies pulmonaires, 15 nouveaux cas ont été identifiés. On a donc une incidence à J21 de 21%.

Dans l'élevage B, les incidences de 17% et 21% à J7 et J21, malgré la mise en place de traitements collectifs, démontrent le manque d'efficacité de la métaphylaxie dans la gestion des BPI dans cet élevage.

3.5.3 Performances des traitements individuels dans l'élevage A

À **J0**, quatre veaux ont présenté des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, et ont donc reçu un traitement individuel.

À J7, trois veaux sur quatre ne présentaient plus les lésions. Il y a donc un taux de guérison échographique de 75%.

À **J7**, cinq veaux ont présenté des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, et ont donc reçu un traitement individuel.

À J21, deux veaux sur cinq ne présentaient plus les lésions. Il y a donc un taux de guérison échographique de 40%.

À **J21**, 3 veaux ont présenté des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, et ont donc reçu un traitement individuel.

Sur le suivi, huit veaux au total ont reçu un ou plusieurs traitements individuels. Les poumons de six d'entre eux ont pu être inspectés à l'abattoir et ils présentaient tous des lésions à l'examen post mortem. Il y a donc un taux de guérison lésionnel de 0.

3.5.4 Performances des traitements individuels dans l'élevage B

À **J0**, 15 veaux ont présenté des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, et ont donc reçu un traitement individuel.

À **J7**, 11 veaux sur 15 ne présentaient plus les lésions. Il y a donc un taux de guérison échographique de 73%.

À **J7**, 15 veaux ont présenté des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, et ont donc reçu un traitement individuel.

À **J21**, sept veaux sur 15 ne présentaient plus les lésions. Il y a donc un taux de guérison échographique de 47%.

À **J21**, 18 veaux ont présenté des lésions de consolidation $\geq 1\text{cm}^2$, et ont donc reçu un traitement individuel.

Sur le suivi, 35 veaux au total ont reçu un ou plusieurs traitements individuels. Les poumons de 34 veaux ont pu être inspectés à l'abattoir, et 24 d'entre eux présentaient des lésions à l'examen post mortem. Il y a donc un taux de guérison lésionnel de 29%.

Conclusion des résultats :

Les résultats n'ont pas mis en évidence de bonne concordance entre l'échographie pulmonaire et le scoring clinique pour le diagnostic des cas cliniques, tandis qu'ils ont mis en évidence une concordance correcte entre l'échographie pulmonaire au seuil de 1cm^2 pour la taille des lésions de consolidation, et la présence de lésion de BPI à l'examen post mortem.

Les traitements individuels n'ont pas obtenu de bons taux de guérison (échographiques et lésionnels), tandis que les traitements collectifs ont permis de limiter l'apparition de nouveaux cas cliniques dans l'élevage A.

Nous allons maintenant discuter ces résultats dans la dernière partie du rapport.

4. Discussion

L'objectif de ce travail de thèse était d'étudier, en atelier de veaux de boucherie, les relations entre les données fournies par l'échographie pulmonaire et/ou le scoring clinique dans les quatre premières semaines d'engraissement et leur caractère prédictif possible sur la présence d'éventuelles lésions de BPI à l'examen post mortem. La finalité de cette étude était de pouvoir proposer un outil supplémentaire (telle que l'échographie pulmonaire) pour le diagnostic précoce des BPI pour les praticiens en atelier de veau de boucherie. Nous avons également évalué les performances des traitements collectifs relatifs au protocole de soin, et des traitements individuels relatifs aux observations échographiques, mis en place pendant le suivi pour la gestion des BPI en élevage.

4.1 Concordance entre l'échographie pulmonaire et le scoring clinique

Le premier objectif était d'étudier la concordance entre l'échographie pulmonaire (à différents seuils de taille de lésion de consolidation) et le scoring clinique, en supposant que l'échographie pulmonaire aurait d'aussi bonnes performances que le scoring clinique pour le diagnostic des cas de BPI voire meilleures du fait de la possibilité de détecter des lésions précoces avant l'apparition de signes cliniques majeurs.

Au seuil de 1cm² pour la taille des lésions de consolidation, les résultats ont mis en évidence une concordance très faible à faible entre les deux examens sur l'ensemble de l'étude dans les deux élevages (κ moyen = 0,148). Au seuil de 3cm² pour la taille des lésions de consolidation, les résultats ont mis en évidence une concordance inexistante à très faible entre les deux examens sur l'ensemble de l'étude dans les deux élevages (κ moyen = 0,0725).

L'échographie pulmonaire (quel que soit le seuil de taille de lésion utilisé), en comparaison avec les résultats du scoring clinique durant notre suivi, ne semble donc pas adaptée au diagnostic précoce des cas de BPI en atelier de veau de boucherie, puisque celle-ci ne semble pas prédire correctement l'apparition de cas clinique. Concernant le nombre de lésions de consolidation, quel que soit le seuil, les résultats ont mis en évidence une concordance très faible à faible entre les deux examens, suivant la tendance des résultats précédents. Le nombre de lésions de consolidation significatives n'a pas d'influence sur les performances diagnostiques de l'échographie pulmonaire.

Nos résultats sont en partie cohérents avec la littérature, ne trouvant pas de bonne concordance entre les deux examens, tout en affirmant cependant que l'échographie pulmonaire possède de meilleures performances diagnostiques que le scoring clinique. Dans la littérature, pour le scoring clinique, les sensibilités obtenues étaient de 0.624 et 0.69, et les spécificités obtenues étaient de 0.741 et 0.95. Concernant l'échographie pulmonaire, les sensibilités rapportées étaient de 0.794 et 0.89, et les spécificités étaient de 0.939 et 0.95 (*Rhodes et Al. 2021, Buczinski et Al. 2015, Hinnant et Al. 2024, Cuevas-Gómez et Al. 2020, Hussein et Al. 2018*). En augmentant la sensibilité d'un examen (et donc en détériorant la spécificité par la même occasion), plus de veaux réellement atteints de BPI seraient détectés et donc traités (mais des veaux sains seraient également traités), ce qui engendrerait une augmentation du nombre de traitement individuel, mais la prise en charge précoce pourrait permettre de maximiser l'efficacité du premier traitement, de contrôler le risque de dissémination des agents pathogènes et donc de réduire le nombre de traitement réalisé par

veau pendant l'engraissement, et l'incidence globale. Ces résultats illustrent la difficulté de travailler avec des méthodes plus sensibles.

En considérant les sensibilités et spécificités relatives calculées dans notre étude, le seuil de 3cm² présente de meilleures performances diagnostiques. Sur le suivi, la sensibilité est de 81% et la spécificité de 86%, tandis qu'au le seuil de 1cm², la sensibilité et la spécificité sont de 59% et de 53% respectivement sur le suivi. Nos résultats mettent en avant les limites de l'échographie pulmonaire vis-à-vis du scoring clinique dans la détection des animaux réellement atteint de BPI (VPP non calculable dans l'élevage A) ainsi que dans la détection des animaux réellement sains (VPN correcte de 70 à 100% dans l'élevage A mais autour de 50% dans l'élevage B). En augmentant le seuil de taille des lésions de consolidation, nous augmentons la probabilité que la ou les lésions soient réellement la conséquence d'une atteinte de BPI. Ces résultats sont cohérents avec la littérature (Berman et al 2019) et avec le fait qu'augmenter les seuils diagnostiques permette d'améliorer la spécificité. Cependant, au vu de la taille de nos échantillons et de la concordance entre les deux tests, les valeurs informatives sont à modérées et manquent de précision.

La taille de l'échantillon d'étude était limitée (102 veaux contre 191 ou 510 veaux dans d'autres études), dû à plusieurs facteurs : les contraintes logistiques associées à mon expérience, limitant le nombre de veau examinés en un temps donné, et les aspects financiers. Un effet opérateur ne peut être écarté. Hormis lors de ma formation théorique et pratique, je n'avais jamais réalisé d'échographie pulmonaire seule sans supervision avant la première phase de suivi. Il est donc possible que certaines lésions n'aient pas été détectées ou mal détectées à cause de mon manque d'expérience. Lors de la phase de suivi dans l'élevage B, j'avais déjà eu la première phase pour faire mon expérience, ainsi que plusieurs semaines de stage sur le terrain avec des praticiens pour valider mes observations. Toutefois, les correspondances avec l'examen post mortem sont correctes, et viennent contredire les résultats associés au scoring clinique.

L'usage de la métaphylaxie a également pu limiter le nombre de cas cliniques observés, en limitant la prévalence, l'incidence et donc la probabilité de visualiser des signes cliniques marqués ainsi que de voire des lésions franches.

Un nombre plus important de cas d'atteintes cliniques et de veaux présentant des lésions de consolidation a été observé dans l'élevage B que dans l'élevage A, ce qui est cohérent avec la prévalence observée avec le scoring clinique, de 9% et 20% respectivement (remettant en perspective l'effet opérateur), ainsi qu'avec les différentes périodes de mise en lot différentes (fin d'été vs plein hiver). La répartition du nombre de veaux détectés comme atteints de BPI au scoring clinique et à l'échographie, dépendante de la prévalence, est cependant constante sur les trois visites (24 à J0, 20 à J7 et 24 à J21). Cela est cohérent avec la littérature, qui décrit une incidence des BPI en atelier de veau de boucherie et d'engraissement de jeunes bovins surtout dans les premières semaines après la mise en lot (*Martineau et Al. 2007, Assié et Al. 2004, Bareille et Al. 2008*). Une étude a mis en évidence que la prévalence des lésions de consolidation chez les veaux non sevrés évoluait dès la première semaine d'âge, pour atteindre un pic à 10 semaines d'âge (*Abdallah et Al. 2019*).

Nous n'avons réalisé que trois visites sur quatre semaines, et au vu du délai entre l'infection, la mise en place de lésion et l'apparition de signes cliniques, il est possible que des cas d'atteintes cliniques aient pu échapper à notre diagnostic.

Malgré les limites de notre étude, au vu de l'ensemble des résultats décrits ci-dessus, plusieurs implications peuvent être formulées afin de proposer une application en élevage de veau de boucherie. Dans notre étude, l'échographie pulmonaire met en évidence des lésions chez des veaux ne présentant pas ou pas encore de signes cliniques évocateurs de BPI. Ces mêmes lésions du parenchyme pulmonaire observées à l'échographie pulmonaire, dues à une infection par un agent pathogène responsable de BPI, semblent se retrouver à l'examen post mortem. Cependant, du fait de la métaphylaxie mise en place et d'un éventuel effet opérateur avec une mauvaise détection des lésions, les lésions mises en évidence n'ont pas été associées à l'apparition de signes cliniques, ce qui questionne la précocité diagnostique de cet examen vis à vis de celle du scoring clinique. De ce fait, le scoring clinique semble plus adapté au diagnostic précoce des cas de BPI. Dans un contexte de réduction des antibiotiques, en effet traiter des veaux sur la seule base de l'échographie pulmonaire ne semble pas pertinent.

La complexité du diagnostic des BPI uniquement basée sur les signes cliniques provient de leur dynamique d'expression. En effet, elle peut être tardive, variant de cinq à neuf jours après le début de l'infection (*Kamel et Al. 2024*), la phase d'hyperthermie étant transitoire donc difficilement repérable par les praticiens sur le terrain (*Grissett et Al. 2015*), et ils sont assez peu spécifiques. Alors que seulement trois veaux cliniquement atteints ont présenté un score de température rectale de 3 ($>39.4^{\circ}\text{C}$), la toux était le signe clinique anormal majoritaire, avec un score de 2 ou 3 chez 17 veaux. Une étude voulant évaluer les signes cliniques les plus adaptés pour la détection des BPI par scoring clinique, en comparaison avec les résultats d'échographie pulmonaire, a mis en évidence que la toux, spontanée ou induite, était le signe clinique ayant une meilleure concordance avec les observations échographiques (*Lowie et Al. 2022*). Nos résultats sont cohérents avec la littérature à ce niveau.

Afin de déclarer un veau comme atteint cliniquement de BPI, j'ai suivi les recommandations de la grille Wisconsin en me basant sur un score total ≥ 5 . La simple apparition des signes cliniques liés aux BPI étant tardive. Se baser sur l'intensité des signes cliniques exprimés peut être encore plus tardif. Plusieurs études ont proposé d'autres interprétations : veau atteint de BPI si le score de toux est ≥ 2 et le score de jetage nasal ≥ 1 (*Calderón-Amor et Gallo. 2020*), veau atteint de BPI si deux signes cliniques ou plus obtiennent un score ≥ 2 (*Binversie et Al. 2020, Decaris et Al. 2022*). Le score total ≥ 5 permet une meilleure détection des cas d'atteintes cliniques de BPI tout en étant plus précis, mais les performances de l'interprétation comme celles proposée par Binversie et al. restent assez similaires, et peuvent être une solution alternative dans une population à faible prévalence, ou encore en cas de stratégie de screening d'un lot de veaux (*Donlon et Al. 2024*).

Une première perspective d'application serait de mettre en place une étude similaire à la nôtre, évaluant la dynamique d'évolution des BPI au travers du scoring clinique (en comparant deux seuils : un score total ≥ 5 et au moins deux signes avec un score ≥ 2) et de l'échographie pulmonaire (au seuil de 1cm^2), avec comme méthode de référence la bactériologie et la PCR, pour mettre en évidence la présence d'agents pathogènes responsables de BPI, ou de réaliser l'autopsie précoce des bovins. Durant cette étude, l'idéal serait de limiter l'utilisation voire de ne pas utiliser la métaphylaxie afin de limiter le biais de détection des cas cliniques. Elle permettrait d'évaluer les performances de prédiction de l'échographie pulmonaire ainsi que du scoring clinique concernant l'apparition de cas de BPI, liée aux conditions d'élevage des ateliers de veau de boucherie.

Une seconde perspective d'application serait de mettre en place une étude évaluant uniquement l'intérêt du scoring clinique (en comparant deux seuils : un score total ≥ 5 et au moins deux signes avec un score ≥ 2) en élevage de veau de boucherie en début d'engraissement, en utilisant comme méthode de référence l'échographie pulmonaire (au seuil de 1cm^2) mais aussi l'examen post mortem lors de l'abattage. Durant cette étude, l'idéal serait également de limiter l'utilisation voire de ne pas utiliser la métaphylaxie afin de limiter le biais de détection des cas cliniques.

Idéalement, sur les deux études, les visites seraient réalisées toutes les 48 à 72 heures en élevage afin de pouvoir détecter les animaux en phase d'hyperthermie, mais aussi pour suivre de près l'apparition et/ou l'évolution des lésions échographiques. Aussi, les animaux pourraient être équipés de dispositifs mesurant la température en continu. En termes de logistique et de disponibilité du personnel, cela n'est pas réalisable dans un système intégré comme celui du veau de boucherie. Une alternative serait de réaliser quatre visites sur trois semaines consécutives, à cinq jours d'intervalle maximum (*Grissett et Al. 2015*). L'opérateur devra également être accompagné d'un sénior afin d'effectuer les premiers scoring et les premières échographies, afin de valider ses observations.

4.2 La concordance entre l'échographie pulmonaire et l'examen post mortem

Le second objectif était d'étudier la concordance éventuelle entre l'échographie pulmonaire (à différents seuils de taille de lésion de consolidation) en début d'engraissement, avec la présence de lésions pulmonaires lors de l'examen post mortem, en supposant que l'échographie pulmonaire pouvait aider au diagnostic des cas cliniques et subcliniques des BPI. L'examen post mortem est considéré comme la méthode de référence par l'ensemble des praticiens (*Pardon et Buczinski. 2020*).

Au seuil de 1cm^2 pour la taille des lésions de consolidation, les résultats ont mis en évidence une concordance forte entre les deux examens dans les deux élevages ($\kappa = 0,615$). Au seuil de 3cm^2 pour la taille des lésions de consolidation, les résultats ont mis en évidence une concordance au contraire faible entre les deux examens dans les deux élevages ($\kappa = 0,223$), ce qui est logique. D'après nos résultats, l'échographie pulmonaire (quel que soit le nombre de lésions observées) au seuil de 1cm^2 pour la taille des lésions de consolidation, en comparaison avec les observations à l'examen post mortem, est plus adaptée au diagnostic des cas de BPI en atelier de veau de boucherie, qu'au seuil de 3cm^2 . Les résultats sont cependant à modérer étant donné la taille réduite de l'échantillon.

Quel que soit le nombre de lésions, au seuil de 1cm^2 , la sensibilité et la spécificité sont de 81% chacune. Au seuil de 3cm^2 , elles sont respectivement de 22% et 98%. Le seuil de 3cm^2 est plus spécifique, comme expliqué plus haut, ce qui rend nos résultats cohérents. La baisse drastique de la sensibilité peut s'expliquer par le nombre réduit de veaux présentant une ou plusieurs lésions de 3cm^2 ou plus lors du suivi, ce qui était le cas d'un des veaux manquants, ou par une plus haute probabilité d'avoir été traité. Les résultats sont toujours à modérer au vu de la différence de prévalence entre les élevages, en plus de la taille réduite de notre échantillon.

Les résultats sont en partie cohérents avec la littérature puisque les valeurs informatives observées sont bonnes mais pas excellentes. Peu d'études ont comparé les performances de l'échographie pulmonaire en comparaison aux observations faites à

l'examen post mortem (de par l'aspect invasif et définitif de cet examen, en plus de questionner son utilisation dans le cadre d'une étude expérimentale à plus ou moins grande échelle avec une euthanasie réalisée avant l'abattage prévu des veaux). Deux études comparant l'échographie à l'examen post mortem, déclarant un veau atteint de BPI dès lors qu'une lésion échographique (queue de comète, consolidations, abcès, épanchement, etc.) était observée, ont obtenu des performances de diagnostic très bonnes voir excellentes. Les sensibilités étaient de 85% et 94%, les spécificités étaient de 98% et 100% (*Rabeling et Al. 1998, Ollivett et Al. 2015*). Dans ces études, l'examen nécropsique était réalisé immédiatement après les examens réalisés du vivant de l'animal, afin de comparer sans délai les observations, tandis que nous avons réalisé l'examen post mortem environ cinq mois après nos observations échographiques.

Une perspective d'application serait de mettre en place une étude dans laquelle serait réalisé un suivi dans le mois précédent l'abattage tout en localisant précisément les lésions (utilisation d'une grille composée de huit zones par exemple, comme proposé dans une thèse vétérinaire réalisée en atelier de jeunes bovins, *Anthore. 2023*) et d'évaluer la concordance entre les observations faites du vivant de l'animal et celles faites à l'examen post mortem. Cependant, les moyens de contention disponibles en élevage sont assez peu compatibles avec une manipulation individuelle des veaux en fin d'abattage.

En regardant le nombre de veaux supposément atteints de BPI détectés à l'échographie, il est possible de remettre en question la pertinence de l'utilisation uniquement du scoring clinique en élevage, qui semble détecter un nombre inférieur de cas. Le scoring clinique détecte uniquement des cas en milieu/fin d'évolution de l'infection, tandis que l'échographie pulmonaire semble détecter de lésions du parenchyme pulmonaire qui apparaîtraient en début d'évolution. 72% des veaux atteints cliniquement présentaient également des lésions échographiques, tandis que seulement 20% des veaux présentant une lésion pulmonaire significative à l'échographie présentaient également une atteinte clinique. Nos résultats mettent également en évidence que si des lésions échographiques ont été détectées durant le suivi, elles sont retrouvées à l'examen post mortem. Cependant, nous pouvons nous demander s'il s'agit des mêmes lésions. Cela pose également la question de l'efficacité des traitements mis en place, si l'on retrouve ces lésions à l'abattoir malgré ce qui a été mis en place.

Concernant la concordance entre les observations échographiques et les lobes concernés à l'examen post mortem, les résultats ont mis en évidence une concordance faible entre les observations faites sur les lobes crâniens et moyen droits (κ moyen = 0,344), et une concordance modérée entre les observations faites sur le lobe crânial gauche (κ = 0,468). D'après nos résultats, l'échographie pulmonaire manque de précision concernant la localisation exacte des lésions de consolidation détectées. Le fait de se tromper d'EIC lors de la détection de lésions de consolidation à l'échographie est possible, et avec une contrainte horaire pour la réalisation des manipulations. En effet, je n'ai pas constamment vérifié deux fois mes observations ni mes notes. Concernant le lobe crânial gauche, avec la possibilité de confondre le thymus avec une lésion de consolidation pulmonaire de taille importante, il est possible qu'en cas de doute sur l'image échographique obtenue, j'ai plus souvent décidé de ne pas classer le veau comme atteint de BPI. Ceci pourrait par la suite induire une sous-estimation des cas de BPI s'il y a une atteinte uniquement du lobe crânial gauche (avec la faible prévalence clinique observée dans l'étude, cela reste peu probable). Concernant tous

les lobes, on peut supposer qu'avec le laps de temps entre le suivi et l'abattage, des lésions soient apparues tout comme le fait que des lésions aient pu guérir d'elles-mêmes.

Dans notre étude, les aspects zootechniques nous ont contraint à réaliser l'examen post mortem plus de cinq mois après nos observations cliniques et échographiques, laissant suffisamment de temps pour que nos lésions disparaissent (en supposant que les lésions du parenchyme pulmonaire liées à une BPI puissent guérir d'elles-mêmes) et/ou que d'autres lésions pulmonaires se créent sans avoir de lien avec nos observations. Cependant, les données sanitaires de cette filière, indiquant un pic d'incidence des atteintes respiratoires dans le mois suivant l'entrée en atelier, nous confortent dans l'hypothèse que les lésions observées à l'abattoir peuvent être en lien avec les lésions que nous avons observées.

Une perspective d'application serait de mettre en place une étude avec un premier suivi échographique des lésions effectué sur les trois premières semaines d'engraissement après l'arrivée en atelier (une visite tous les cinq jours soit quatre visites), associé à un second suivi échographique au travers d'une ou deux visites selon les moyens de contention disponible dans le mois précédent l'abattage, afin d'établir une relation entre les lésions observées en début d'engraissement avec celles présentes en fin d'engraissement, du vivant de l'animal. Un examen post mortem à l'abattage permettrait d'établir la pertinence entre les lésions observées du vivant de l'animal avec celles réellement présentes. Durant les différents suivi, les lésions sont précisément localisées, par exemple avec l'utilisation d'une grille composée de huit zones, comme proposé dans une thèse vétérinaire réalisée en atelier de jeunes bovins (*Anthore. 2023*). Cependant, les moyens de contention disponibles en élevage sont assez peu compatibles avec une manipulation individuelle des veaux en fin d'abattage, il serait donc nécessaire d'inclure uniquement des élevages avec les moyens de contention adaptés.

Le scoring clinique semble être l'outil le plus adapté au diagnostic des cas cliniques de BPI, sans pour autant être capable de détecter les cas subcliniques. L'échographie pulmonaire quant à elle, est capable de mettre en évidence des lésions de BPI chez des veaux ne présentant pas de signes cliniques. De ce fait, l'utilisation conjointe du scoring clinique et de l'échographie pulmonaire semble être une stratégie adéquate pour le diagnostic des cas de BPI dans un lot de veaux, permettant une prise en charge thérapeutique précoce et ciblée, maximisant les chances de réussite du traitement et limitant ainsi l'utilisation de molécules antibiotiques.

4.3 Les performances de traitements collectifs et individuels

Un troisième objectif était d'évaluer les performances des différents traitements ciblant les BPI mis en place au cours du suivi.

Afin d'évaluer les performances des traitements collectifs mis en place, nous nous sommes basés sur le nombre de nouveaux cas cliniques apparus à la visite suivant la semaine de leur mise en place.

Dans l'élevage A, une incidence de 12,5% a été observée à J7 suite à un traitement collectif mis en place la semaine précédente (c'est à dire la semaine de la mise en lot), et l'incidence de 0 à J21 a été calculée suite à un second traitement mis en place la semaine précédant la visite (c'est à dire la troisième semaine après la mise en lot). Dans cet élevage, la métaphylaxie a été efficace. Dans l'élevage B, les mêmes conditions de traitement collectif ont été appliquées, mais les incidences ont été différentes. Elles étaient de 17% à J7 et de

21% à J21. Dans cet élevage, la métaphylaxie ne semble pas du tout avoir été efficace. Cela peut s'expliquer par une plus grande prévalence des BPI dans l'élevage B.

D'après nos résultats, l'efficacité de la métaphylaxie est donc hétérogène. En ce sens, nos résultats sont plutôt cohérents avec la littérature.

L'intérêt des traitements collectifs semble multiple (baisse de l'incidence des BPI, meilleure GMQ, moindre traitements collectifs antibiotiques au total). Les données publiées font toutefois état d'un manque de convergence. Une étude datant de 2014 a mis en évidence l'intérêt de la métaphylaxie chez les veaux d'engraissement, montrant une réduction de la présence de pathogène mis en évidence sur des ENP chez un lot de veaux ayant reçu un traitement collectif à la tulatromycine (*Credille et Al. 2024*). Peu d'études en atelier de veau de boucherie ont été réalisées pour évaluer les performances liées à l'usage la métaphylaxie, mais les études en atelier de jeunes bovins d'engraissement sont nombreuses et une méta-analyse a démontré un gain de 0,11kg/j dans les feedlot américains chez les animaux traités vis à vis des animaux non traités, très certainement lié à la baisse de l'incidence des BPI chez les animaux traités (*Wileman et Al. 2009*). Une autre méta-analyse a porté un regard plus critique, ne démontrant pas de différence majeure dans les taux de morbidité entre l'antibioprophylaxie (interdite en Union Européenne) et la métaphylaxie, questionnant ainsi l'utilisation en masse des antibiotiques pour limiter l'apparition des cas de BPI en atelier d'engraissement. Cette étude propose un également un seuil de prévalence de 15% de cas de BPI dans un lot avant d'entamer une métaphylaxie, ce qui n'est pas le cas ici si l'on se base sur les résultats du scoring clinique (*Baptiste et Kyvsgaard. 2017*).

Afin d'évaluer les performances des traitements individuels utilisés pendant notre suivi, nous nous sommes fondés sur le taux de guérison des lésions échographiques à Jn+1, observées à Jn à l'échographie. Ces traitements individuels ont été mis en place dès lors qu'une consolidation $\geq 1\text{cm}^2$ était détectée à l'échographie. Dans l'élevage A, 75% les lésions pulmonaires significatives ont guéri de J0 à J7, et 40% de J7 à J21. Dans l'élevage B, 3% ont guéri entre J0 et J7, et 47% entre J7 et J21. Toutefois, à l'examen post mortem, tous les veaux traités sur le suivi dans l'élevage A présentaient encore des lésions de BPI. Dans l'élevage B, un taux de guérison lésionnel de 29% a été observé. Hormis via une analyse histologique, il est impossible de savoir si les lésions observées à l'examen post mortem étaient des lésions chroniques ou actives. Les traitements individuels sont beaucoup moins utilisés en atelier d'engraissement (veau de boucherie et jeunes bovins), d'où le peu de littérature disponible à ce sujet. Les traitements individuels mis en place durant le suivi ont eu une très faible efficacité, puisque à l'abattoir 86% des veaux traités sur les deux élevages présentaient encore des lésions.

Globalement, les échecs des traitements ciblant les BPI, en atelier d'engraissement de jeunes bovins par exemple, peuvent être dus à l'agent pathogène en cause s'il est capable de produire des biofilms (*Mannheimia haemolytica*, *Histophilus somni*), à un système immunitaire de l'hôte défaillant. Aussi, la chronicité des lésions de BPI chez l'hôte peut empêcher une guérison correcte. Le système d'élevage lié à l'engraissement des bovins (veau de boucherie comme jeune bovin) augmente le risque d'infection chez les animaux sains, tout en augmentant le risque de persistance chez les animaux atteints : en concentrant un nombre conséquent d'animaux dans le même bâtiment, ou dans le même tunnel, sans forcément avoir la possibilité de séparer physiquement les animaux sains des animaux activement ou chroniquement atteints. Enfin, l'utilisation d'une molécule non adaptée augmente aussi les risques d'échec du traitement (*Booker et Lubbers. 2020*).

Une étude portant sur les ateliers de veaux de boucherie a voulu évaluer l'efficacité de plusieurs traitements prophylactiques (la différence est subtile entre la prophylaxie et la métaphylaxie, puisqu'elle consiste à réaliser un traitement collectif dans un lot sans forcément qu'il y ai de cas de BPI détecté) ainsi que la résistance à différentes molécules antibiotiques des agents bactériens retrouvés par aspiration trans trachéal (ATT). Les molécules utilisées étaient la tulatromycine (injectable), et la chlortétracycline associée à de la sulphadimidine et de la tylosine (per os). Les deux groupes traités ont présenté de meilleures performances de croissance, liées à la baisse de l'incidence des BPI dans ces deux groupes. Concernant la résistance bactérienne, *Pasteurella multocida* a présenté une forte résistance à la tylosine (83%), et une résistance importante à la tilmicosine (56%). *Mannheimia spp* a également présenté une forte résistance à la tylosine (88%) (Rérat et al, 2012). Une autre étude portant sur les ateliers d'engraissement de jeunes bovins en Espagne a mis en évidence une résistance de 12 échantillons sur 20 de *Mycoplasma bovis* à un ensemble de molécules antibiotiques : résistance très forte à la tulathromycine, tilmicosine, et lincomycine, résistance forte à l'enrofloxacin, résistance modérée à l'oxytétracycline, et résistance un peu plus faible au florfenicol et à la gentamicine (García-Galan et Al. 2021).

Le manque d'efficacité des traitements collectifs dans l'élevage B pourrait s'expliquer par un défaut de précocité de la mise en place de ces traitements, mais le premier a été mis en place très tôt après la mise en lot, chez des jeunes animaux qui plus est. Le risque d'avoir des lésions chroniques du parenchyme pulmonaire est déjà diminué. De plus, l'échec des traitements peut s'expliquer par une plus grande prévalence des BPI dans cet élevage, ou encore par la saison d'arrivée en atelier (le climat hivernal étant plus éprouvant pour l'organisme des veaux). Enfin, il est possible que la tilmicosine n'ai pas fait correctement effet, puisque de nombreuses résistances des agents bactériens de type *Pasteurellacea* ont été décrites.

Plusieurs facteurs ont également pu limiter la réussite des traitements individuels dans notre étude. Tout d'abord, l'utilisation de la métaphylaxie parallèlement aux traitements individuels, qui a pu créer des interférences entre les molécules (l'association lincomycine-spectinomycine a pour indications les affections respiratoires, donc initialement correctement ciblée), ainsi que biaiser la détection de cas cliniques et subcliniques. Les pratiques d'élevage ont également pu limiter la réussite du traitement, avec l'impossibilité de regrouper les veaux atteints de BPI et traité d'un côté, et les veaux non traités de l'autre. Le germe en question également, non identifié, qui pourrait aggraver l'échec au traitement par la production de biofilm.

Une perspective d'application serait de mettre en place une étude évaluant l'efficacité des pratiques thérapeutiques actuelles ciblant les BPI (principalement via des traitements collectifs) en élevage de veau de boucherie en France, ainsi que la résistance à différentes molécules antibiotiques des agents bactériens retrouvés soit par ENP, ou par LBA. Cette étude permettrait de faire un état des lieux des agents bactériens responsables de BPI dans cette filière en France, d'évaluer leur sensibilité à différentes molécules, et de proposer des pistes d'amélioration des traitements actuellement utilisés.

Notre analyse vis à vis des performances des différents traitements reste peu pertinente au vu du nombre restreint de cas cliniques et subcliniques de BPI, notamment dus à l'utilisation de traitement collectif et individuel parallèlement.

Le but initial de cette étude était de trouver un outil permettant de d'améliorer le diagnostic des BPI et d'orienter vers une nouvelle stratégie de traitement individuel, plus précoce, améliorant le bien-être animal en élevage en limitant l'apparition de cas de BPI, en limitant les traitements collectifs et donc le nombre de veaux traités, pour in fine réduire le nombre de traitement par veau, réduire la quantité de molécules antibiotiques utilisées, le tout en risquant cependant d'augmenter les coûts de traitement. Notre étude n'a pas permis de prouver que l'échographie pulmonaire puisse proposer un diagnostic plus précoce des BPI que le scoring clinique, ainsi que la prise en charge thérapeutique individuelle des BPI en élevage puisse être plus adaptée qu'une prise en charge collective.

Une autre perspective d'application serait de mettre en place une étude comparant la gestion classique des BPI (pas de suivi de l'évolution des BPI, traitements collectifs en première intention) en élevage avec une gestion plus précoce et individualisée (suivi clinique et échographique de l'évolution des BPI sur trois semaines en début d'engraissement, traitements individuels en première intention). En évaluant le bien-être des veaux, les performances de croissance et les coûts associés, cette étude permettrait de mettre en évidence la pratique la plus adaptée à cette filière.

TUTORIEL PRATIQUE : L'ÉCHOGRAPHIE PULMONAIRE CHEZ LE VEAU EN ATELIER DE VEAU DE BOUCHERIE

Biosécurité :

- Bottes et vêtements propres
- Surcote
- Surbottes
- Charlotte
- Gants

Personnel : 1 personne pour la réalisation

+/- 1 personne pour la contention

Repères anatomiques (figure 1) :

Limites **caudales** :

- Droite : diaphragme et foie au niveau de l'EIC 10
- Gauche : diaphragme, rate et rumen au niveau de l'EIC 10

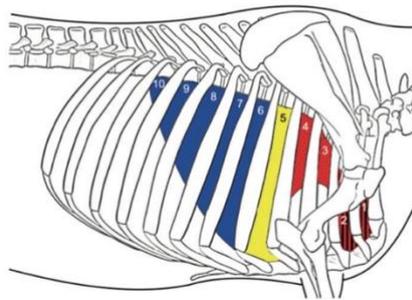
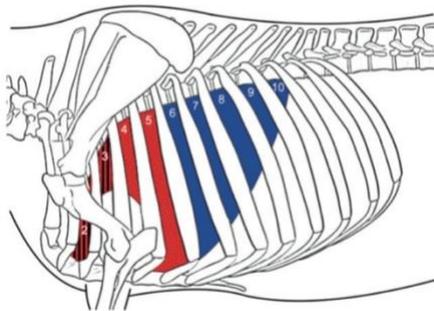


Figure 1 : Illustration anatomique de la correspondance entre les EIC thoraciques et les lobes pulmonaires chez les bovins (Masset et al, 2022)

En rouge : lobe crânial

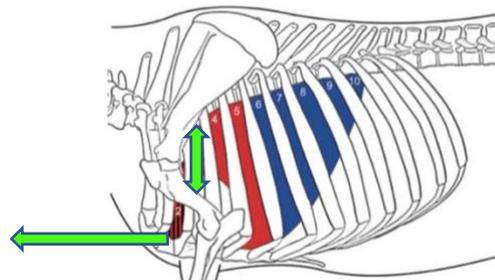
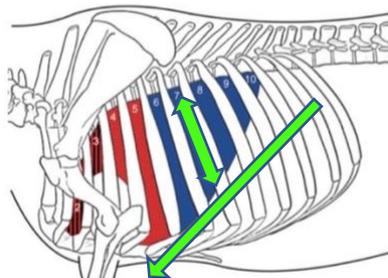
En jaune : lobe moyen

En bleu : lobe caudal

Limites **ventro-crânielles** :

- Droite : les veines et artères thoraciques visualisables au niveau des EIC 1, 2 et 3
- Gauche : présence du thymus au niveau du 2ème EIC

Réalisation :



En partant de l'EIC 10, balayer de haut en bas ou inversement chaque EIC selon l'aire de projection des poumons, du plus caudal au plus crânial.

Pour atteindre les EIC 1, 2 et 3, ne pas hésiter à faire tirer par l'aide le membre thoracique vers l'avant (photo 2).

À chaque EIC, toujours garder une certaine pression de la sonde pour ne pas perdre la plèvre, ne pas hésiter à lui faire des rotations sur elle-même : gauche/droite, plus de pression sur l'avant ou la base de la sonde.



Photo 2

IMAGES ÉCHOGRAPHIQUES PHYSIOLOGIQUES

Image 1

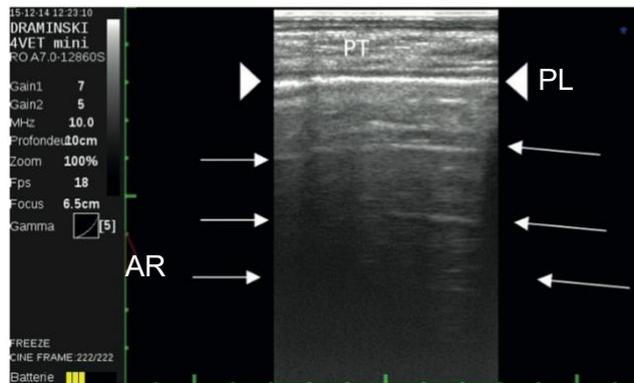
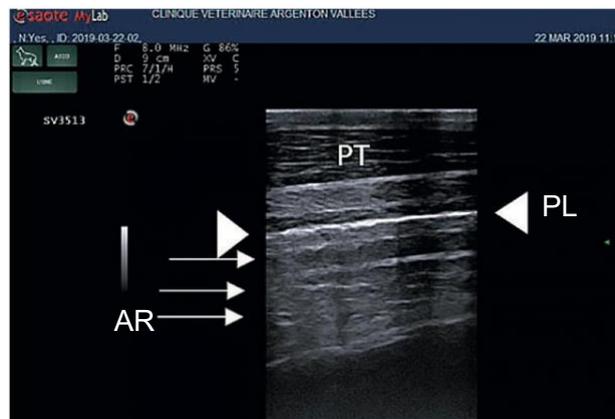


Image 2



Images 1 et 2 : Paroi thoracique (PT) comprenant la peau et les muscles intercostaux, ligne hyperéchogène correspondant à la plèvre (PL). Artéfacts de réverbération (AR). (Herry et Masset, 2021). En temps réel, les mouvements des plèvres glissant l'une sur l'autre, suivent la respiration.

Image 3

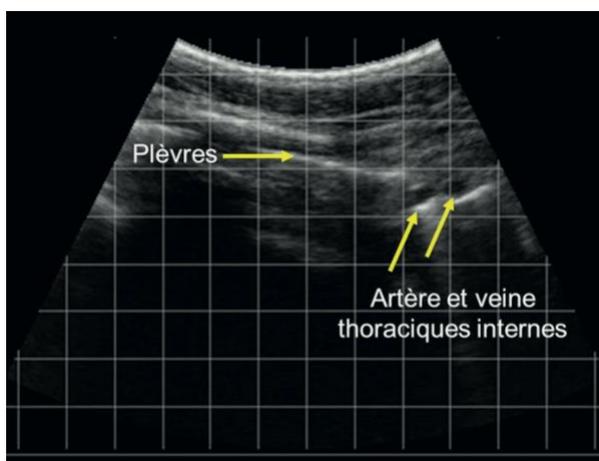
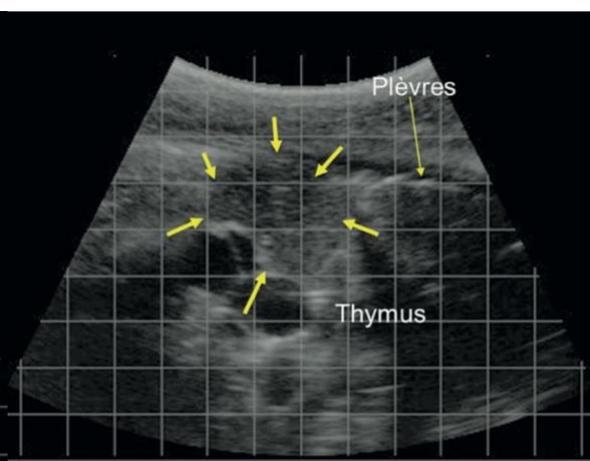


Image 4



Images 3 et 4 : Limites d'exploration crâniale à droite (vx thoraciques internes), et à gauche (thymus) (Herry et Masset, 2021)

IMAGES ÉCHOGRAPHIQUES PATHOLOGIQUES

Image 5

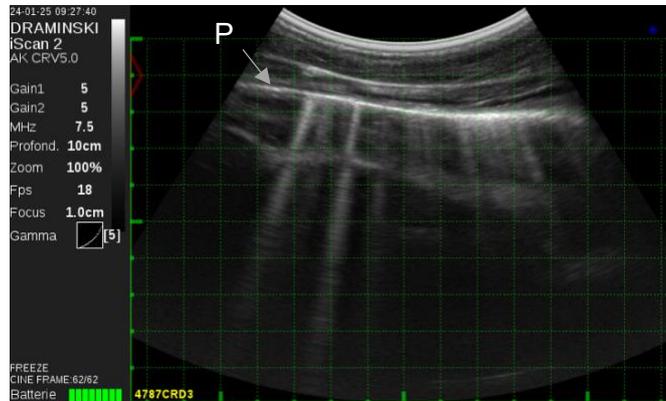


Image 5 : Multiples lignes hyperéchogènes, de fine largeur, liées à des altérations localisées de la plèvre → queues de comète ou B-lines

Image 6

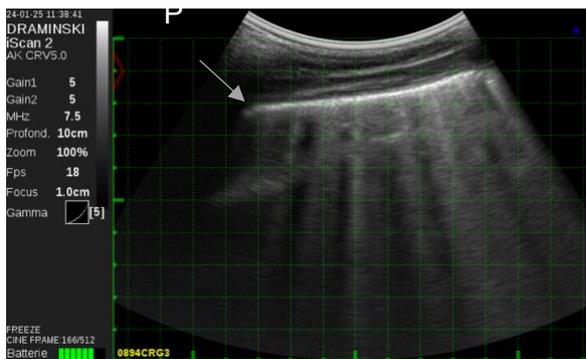
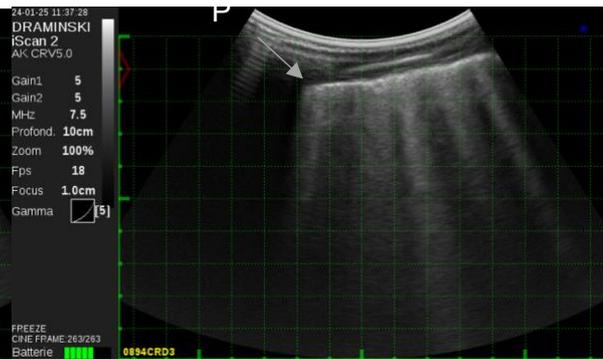


Image 7



Images 6 et 7 : Multiples queues de comètes dont plusieurs mesurant jusqu'à 1cm de large

Image 8

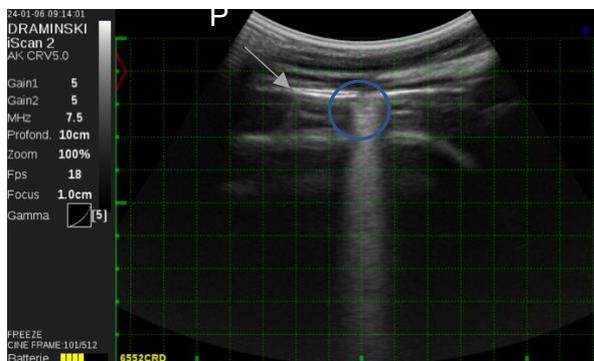
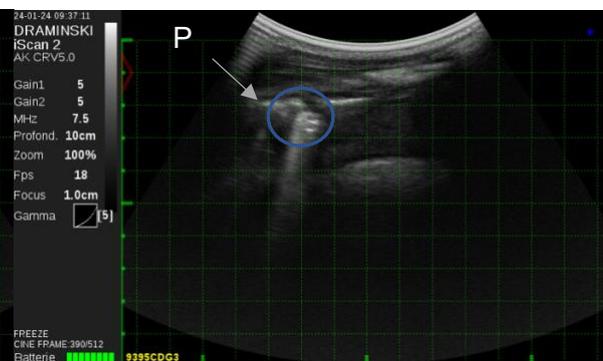


Image 9



Images 8 et 9 : Altération de la plèvre et présence de tissus pulmonaire d'aspect hypoéchogène car non aéré → Lésions de consolidation mesurant jusqu'à 1cm² (surface obtenue en mesurant la largeur et la longueur de la lésion).

Image 10

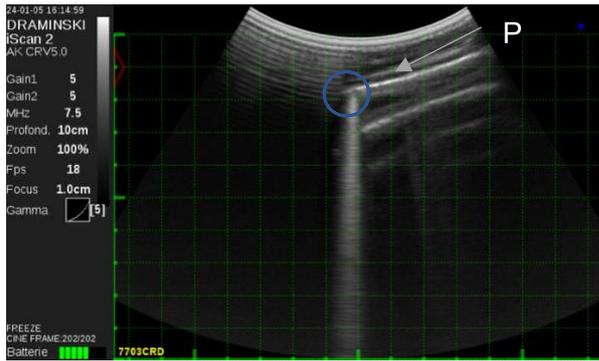


Image 11

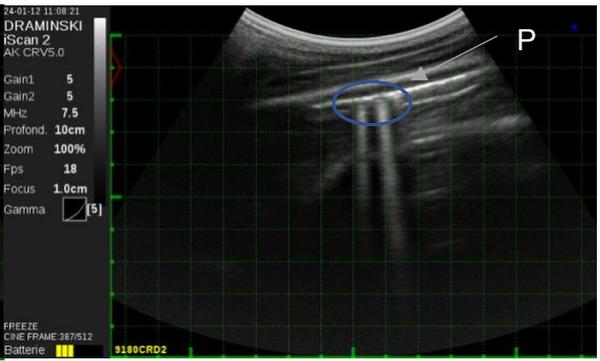
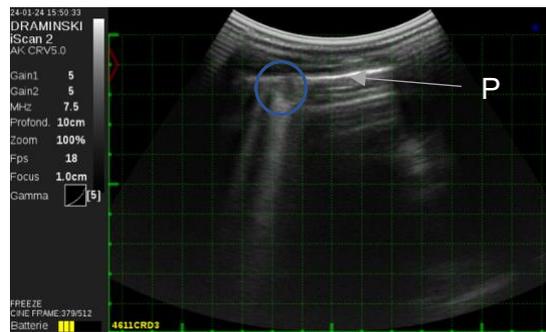


Image 12



Images 10 à 12 : Lésions de consolidation mesurant jusqu'à 1cm² (surface obtenue en mesurant la largeur et la longueur de la lésion)

Image 13

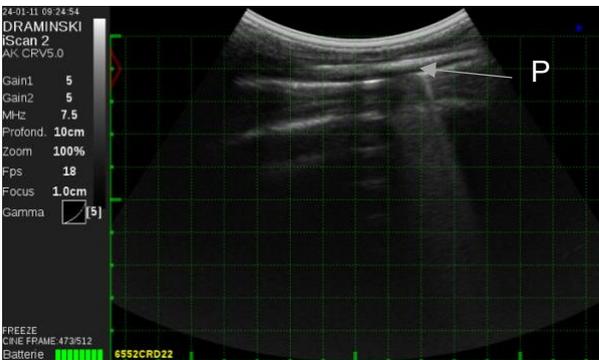


Image 14

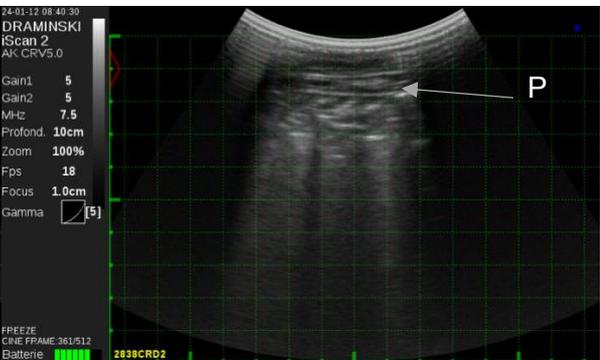


Image 15

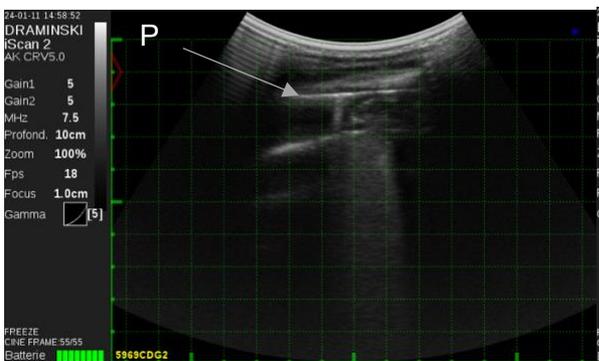
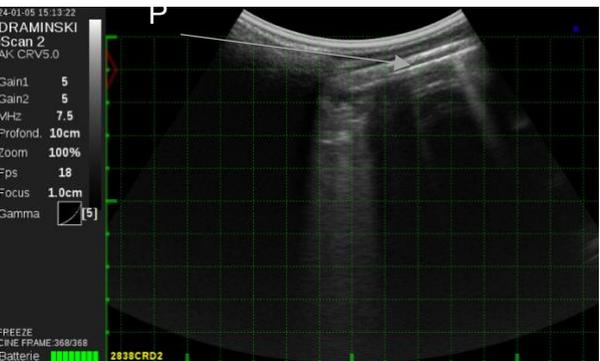


Image 16

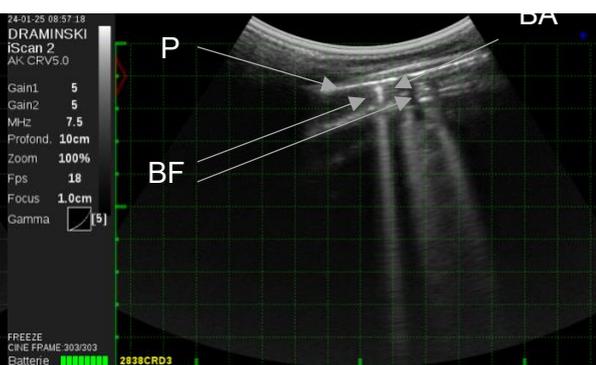


Images 13 à 16 : Altération de la plèvre et présence de tissus pulmonaire d'aspect hypoéchogène car non aéré → Lésions de consolidation mesurant plus d'un 1cm²

Image 17



Image 18



Images 17 et 18 : Lésions de consolidation mesurant plus d'un 1cm².

Image 18 : présence d'un foyer hyperéchogène avec un artéfact en queue de comète sous-jacent, traduisant la présence de bulles de gaz prisonnières d'une petite bronche → broncho-aérogramme (BA). Présence de structures +/- circulaires anéchogènes délimitées par de fines parois hyperéchogènes traduisant la présence de liquide dans les bronches → bronchogrammes de fluide (BF).

Image 19

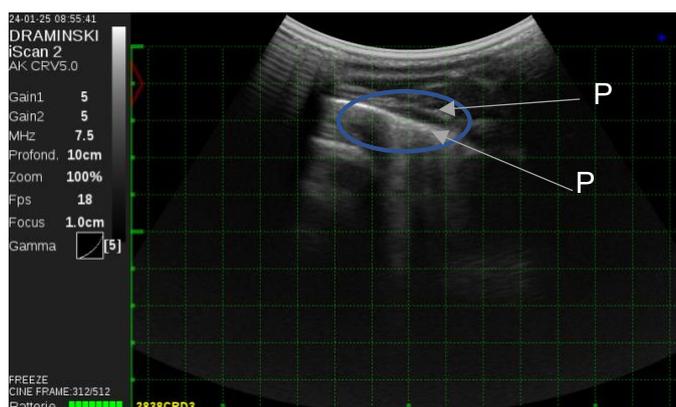


Image 19 : Zone anéchogène de 1,5-2cm de long et localisée, correspondant à du liquide accumulé entre la plèvre pariétale (au-dessus) (PP) et la plèvre viscérale (en-dessous) (PV) → épanchement pleural

CONCLUSION

Notre étude visait à cibler l'intérêt de l'échographie pulmonaire (à différents seuils de taille de lésion de consolidation) pour le diagnostic précoce des BPI en élevage de veau de boucherie, en comparaison au scoring clinique et aux lésions pulmonaires détectées à l'abattoir, et à évaluer l'intérêt d'un traitement individuel mis en place après la détection de lésions de consolidation à l'échographie pulmonaire. Enfin, notre étude visait à mettre à disposition des praticiens du groupe CHÊNE VERT CONSEIL un tutoriel écrit et vidéo afin d'encourager les praticiens à utiliser cet outil diagnostique sur le terrain. D'après nos résultats, vis à vis du scoring clinique, l'échographie pulmonaire, au seuil de 1cm^2 , semble présenter de nombreuses limites afin de correctement diagnostiquer les cas de BPI. Au seuil de 3cm^2 , l'échographie pulmonaire est plus spécifique et semble donc présenter un certain intérêt diagnostique. Ces résultats mériteraient d'être confirmés sur un échantillon plus large.

Vis à vis du caractère prédictif de l'échographie pulmonaire sur la présence de lésions in fine à l'abattoir, les performances semblent prometteuses. Ainsi le seuil de 1cm^2 semble plus adapté à la détection des BPI au vu des meilleures performances informatives obtenues (hormis pour la spécificité, directement liée à la taille des lésions de consolidation).

Enfin, concernant les stratégies de traitement, les traitements individuels réalisés durant notre suivi ne semblent pas présenter de réel intérêt dans les deux élevages de l'étude. Le nombre de nouveaux cas suite à la mise en place d'un traitement collectif était faible et n'a pas permis d'évaluer cet aspect.

Une stratégie de gestion des BPI en atelier de veau de boucherie pourrait être, en tout début d'engraissement, de coupler l'échographie pulmonaire des animaux cliniquement sains (afin de limiter le temps d'examen pour les vétérinaires praticiens) avec un traitement individuel précoce, ciblé et sélectif, des animaux cliniquement atteints de BPI et des animaux détectés comme atteints de BPI au travers de l'échographie pulmonaire. Une étude terrain pour évaluer l'intérêt de cette stratégie serait nécessaire. Il conviendrait de mener cette étude dans des élevages sans métaphylaxie dans les premiers jours.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdallah, A. A., Abdelaal, A. M., El-Sheikh, A. R., Selim, H., & Buczinski, S. (2019). Determination of the dynamics of respiratory diseases using thoracic ultrasonographic examination in preweaned dairy calves. *The Canadian veterinary journal = La revue vétérinaire canadienne*, 60(8), 859–863.
- Aly, S. S., Love, W. J., Williams, D. R., Lehenbauer, T. W., Van Eenennaam, A., Drake, C., Kass, P. H., & Farver, T. B. (2014). Agreement between bovine respiratory disease scoring systems for pre-weaned dairy calves. *Animal health research reviews*, 15(2), 148–150.
- ANTHORE L., 2023. Intérêt de l'échographie pulmonaire et des lactates dans le diagnostic des bronchopneumonies infectieuses chez les jeunes bovins en engraissement. *Thèse pour le Doctorat Vétérinaire*, Faculté de Médecine de Nantes, 78p.
- Assié, S., Bareille, N., Beaudreau, F., & Seegers, H. (2009). Management- and housing-related risk factors of respiratory disorders in non-weaned French Charolais calves. *Preventive veterinary medicine*, 91(2-4), 218–225.
- Baptiste, K. E., & Kyvsgaard, N. C. (2017). Do antimicrobial mass medications work? A systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials investigating antimicrobial prophylaxis or metaphylaxis against naturally occurring bovine respiratory disease. *Pathogens and disease*, 75(7), ftx083.
- Bareille N, Seegers H, Denis G, Quillet JM, Assié S. Impact of respiratory disorders in young bulls during their fattening period on performance and profitability. *Renc Rech Ruminants*. 2008
- Baxter-Smith, K., More, J., & Hyde, R. (2022). Use of thoracic ultrasound on Scottish dairy cattle farms to support the diagnosis and treatment of bovine respiratory disease in calves. *The Veterinary record*, 190(3), e939.
- Berman, J., Francoz, D., Dufour, S., & Buczinski, S. (2019). Bayesian estimation of sensitivity and specificity of systematic thoracic ultrasound exam for diagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned calves. *Preventive veterinary medicine*, 162, 38–45.
- Binversie, E. S., Ruegg, P. L., Combs, D. K., & Ollivett, T. L. (2020). Randomized clinical trial to assess the effect of antibiotic therapy on health and growth of preweaned dairy calves diagnosed with respiratory disease using respiratory scoring and lung ultrasound. *Journal of dairy science*, 103(12), 11723–11735.
- Booker, C. W., & Lubbers, B. V. (2020). Bovine Respiratory Disease Treatment Failure: Impact and Potential Causes. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 36(2), 487–496.
- Braun, U., Gerspach, C., & Brammertz, C. (2018). Häufigkeit abnormer Ultraschallbefunde an der Lunge von 129 Kälbern mit Bronchopneumonie [The frequency of abnormal ultrasonographic findings in the lungs of 129 calves with bronchopneumonia]. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 160(12), 737–741.
- Boccardo, A., Ferraro, S., Sala, G., Ferrulli, V., Pravettoni, D., & Buczinski, S. (2023). Bayesian evaluation of the accuracy of a thoracic auscultation scoring system in dairy calves with

bronchopneumonia using a standard lung sound nomenclature. *Journal of veterinary internal medicine*, 37(4), 1603–1613.

Buczinski, S. Descoteaux, L. 2009. *Échographie des bovins*. Les Éditions du Point Vétérinaire. Atlas – POINT VÉTÉRINAIRE. ISBN 9782863262702

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(3-4), 227–231.

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(7), 4523–4528.

Buczinski, S., Forté, G., Francoz, D., & Bélanger, A. M. (2014). Comparison of thoracic auscultation, clinical score, and ultrasonography as indicators of bovine respiratory disease in preweaned dairy calves. *Journal of veterinary internal medicine*, 28(1), 234–242.

Buczinski, S., Ménard, J., & Timsit, E. (2016 a). Incremental Value (Bayesian Framework) of Thoracic Ultrasonography over Thoracic Auscultation for Diagnosis of Bronchopneumonia in Preweaned Dairy Calves. *Journal of veterinary internal medicine*, 30(4), 1396–1401.

Buczinski, S., Faure, C., Jolivet, S., & Abdallah, A. (2016 b). Evaluation of inter-observer agreement when using a clinical respiratory scoring system in pre-weaned dairy calves. *New Zealand veterinary journal*, 64(4), 243–247.

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.

Calderón-Amor, J., & Gallo, C. (2020). Dairy Calf Welfare and Factors Associated with Diarrhea and Respiratory Disease Among Chilean Dairy Farms. *Animals : an open access journal from MDPI*, 10(7), 1115.

Caswell, J. L., Hewson, J., Slavić, Đ., DeLay, J., & Bateman, K. (2012). Laboratory and postmortem diagnosis of bovine respiratory disease. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 28(3), 419–441.

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. *Irish veterinary journal*, 74(1), 7.

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(5), 4322–4331.

Credille, B., Berghaus, R. D., Jane Miller, E., Credille, A., Schrag, N. F. D., & Naikare, H. (2024). Antimicrobial Metaphylaxis and its Impact on Health, Performance, Antimicrobial Resistance, and Contextual Antimicrobial Use in High-Risk Beef Stocker Calves. *Journal of animal science*, 102, skad417.

Dabo, S. M., Taylor, J. D., & Confer, A. W. (2007). *Pasteurella multocida* and bovine respiratory disease. *Animal health research reviews*, 8(2), 129–150.

Dagleish, M. P., Finlayson, J., Bayne, C., MacDonald, S., Sales, J., & Hodgson, J. C. (2010). Characterization and time course of pulmonary lesions in calves after intratracheal infection with *Pasteurella multocida* A:3. *Journal of comparative pathology*, 142(2-3), 157–169.

Decaris, N., Buczinski, S., Tárdon, D. I. C., Camargo, L., Schllemer, N. R., Hagen, S. C. F., Woolums, A. R., & Gomes, V. (2022). Diagnostic accuracy of Wisconsin and California scoring systems to detect bovine respiratory disease in preweaning dairy calves under subtropical environmental conditions. *Journal of dairy science*, 105(9), 7750–7763.

Donlon, J. D., McAloon, C. G., & Mee, J. F. (2024). Performance of various interpretations of clinical scoring systems for diagnosis of respiratory disease in dairy calves in a temperate climate using Bayesian latent class analysis. *Journal of dairy science*, 107(9), 7138–7152.

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 consolidations, as determined by ultrasonography, on first-lactation milk production in Holstein dairy calves. *Journal of dairy science*, 101(6), 5404–5410.

Ellis J. A. (2010). Bovine parainfluenza-3 virus. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 26(3), 575–593.

Fertner, M., Toft, N., Martin, H. L., & Boklund, A. (2016). A register-based study of the antimicrobial usage in Danish veal calves and young bulls. *Preventive veterinary medicine*, 131, 41–47.

FRANCEAGRIMER, 2023. Veau de boucherie, fiche filière. *FranceAgriMer {en ligne}*. 2023. {Consulté le 15 janvier 2024}. Disponible à l'adresse : https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/70465/document/FICHE_FILIERE_VEAU_2023.pdf?version=8

García-Galán, A., Seva, J., Gómez-Martín, Á., Ortega, J., Rodríguez, F., García-Muñoz, Á., & De la Fe, C. (2021). Importance and Antimicrobial Resistance of *Mycoplasma bovis* in Clinical Respiratory Disease in Feedlot Calves. *Animals : an open access journal from MDPI*, 11(5), 1470.

Gaudino, M., Nagamine, B., Ducatez, M. F., & Meyer, G. (2022). Understanding the mechanisms of viral and bacterial coinfections in bovine respiratory disease: a comprehensive literature review of experimental evidence. *Veterinary research*, 53(1), 70.

Griffin, D., Chengappa, M. M., Kuszak, J., & McVey, D. S. (2010). Bacterial pathogens of the bovine respiratory disease complex. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 26(2), 381–394.

Grissett, G. P., White, B. J., & Larson, R. L. (2015). Structured literature review of responses of cattle to viral and bacterial pathogens causing bovine respiratory disease complex. *Journal of veterinary internal medicine*, 29(3), 770–780.

Hart B. L. (1988). Biological basis of the behavior of sick animals. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 12(2), 123–137.

HERRY, V, MASSET N. (2021) “L'échographie pulmonaire des bovins.” Bull. GTV, Numéro Spécial : 43-54

Hinnant, H. R., Elder, L. A., Claus-Walker, R., Mandella, C. M., Slanzon, G. S., Parrish, L. M., Trombetta, S. C., & McConnel, C. S. (2024). Comparative diagnoses of respiratory disease in

preweaned dairy calves using sequential thoracic ultrasonography and clinical respiratory scoring. *Australian veterinary journal*, 102(4), 187–199.

Hoffelner, J., Peinhopf-Petz, W., & Wittek, T. (2023). Diagnostic and Prognostic Value of Clinical Scoring and Lung Ultrasonography to Assess Pulmonary Lesions in Veal Calves. *Animals : an open access journal from MDPI*, 13(22), 3464.

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.

IDELE 2023. Repères techniques et économiques en élevages de veaux de boucherie, campagne 2021-2022. *Idele {en ligne}*. 2023. {Consulté le 15 janvier 2024}. Disponible à l'adresse :

https://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F1d252197-4e5a-4a19-b67f-735b397a5a87&cHash=c1449a64ecf902b1f2a23ed101dc8c31

INTERBEV, 2013. L'essentiel de la filière bovine française. *Interbev {en ligne}*. 2023. {Consulté le 16 janvier 2023}. Disponible à l'adresse : https://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2023/09/lessentiel-bovins-2023_web.pdf

Jung, C., & Bostedt, H. (2004). Thoracic ultrasonography technique in newborn calves and description of normal and pathological findings. *Veterinary radiology & ultrasound : the official journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association*, 45(4), 331–335.

Jourquin, S., Lowie, T., Bokma, J., & Pardon, B. (2024). Accuracy and inter-rater agreement among practitioners using quick thoracic ultrasonography to diagnose calf pneumonia. *The Veterinary record*, 194(7), e3896.

Kamel, M. S., Davidson, J. L., & Verma, M. S. (2024). Strategies for Bovine Respiratory Disease (BRD) Diagnosis and Prognosis: A Comprehensive Overview. *Animals : an open access journal from MDPI*, 14(4), 627.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174.

Lava, M., Schüpbach-Regula, G., Steiner, A., & Meylan, M. (2016). Antimicrobial drug use and risk factors associated with treatment incidence and mortality in Swiss veal calves reared under improved welfare conditions. *Preventive veterinary medicine*, 126, 121–130.

Love, W. J., Lehenbauer, T. W., Kass, P. H., Van Eenennaam, A. L., & 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.

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. *Journal of veterinary diagnostic investigation : official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 28(2), 119–128.

Lowie, T., Van Leenen, K., Jourquin, S., Pas, M. L., Bokma, J., & Pardon, B. (2022). Differences in the association of cough and other clinical signs with ultrasonographic lung consolidation in dairy, veal, and beef calves. *Journal of dairy science*, 105(7), 6111–6124.

Martineau C, Bertrand G, Kergoulay P. Indicateurs Zootechniques et Sanitaires. Veaux de boucherie. Le Rheu, France: Institut de l'Élevage, GIE Lait-Viande de Bretagne, la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, 2007.

MARTINEAU, Christophe, 2012. Indicateurs sanitaires en production de veaux de boucherie, résultats du réseau d'élevages de référence. *Journée Nationale des GTV*. 2012. pp. 889 à 896. https://www2.sngtv.org/article_pdf/18442/

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(3), 1229–1239.

McGuirk S. M. (2008). Disease management of dairy calves and heifers. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 24(1), 139–153.

Ollivett, Theresa & Hewson, Joanne & Schubotz, R. & Caswell, J.. (2013). Ultrasonographic progression of lung consolidation after experimental infection with Mannheimia haemolytica in Holstein calves. *J. Vet. Intern. Med.* 27. 10.21423/aabpro20133812.

Ollivett, T. L., Caswell, J. L., 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(6), 1728–1734.

Pancier, R. J., & Confer, A. W. (2010). Pathogenesis and pathology of bovine pneumonia. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 26(2), 191–214.

PATHOBET 2021. Diagnostic échographique des affections respiratoires des bovins, Bronchopneumonies Infectieuses (BPI). *Pathobet {en ligne}*. 2021. {Consulté le 17 mai 2023}. Disponible à l'adresse : <https://www.pathobetonline.fr/upload/fichier/0286dd552c9bea9a69ecb3759e7b94777635514b.pdf>

Pardon B. 2019. A quick scan lung ultrasound method and flow chart as a decision aid for bronchopneumonia diagnosis. *Proceedings of the XXIV Congreso Internacional ANEMBE de Medicina Bovina*. Sevilla, Spain. 23 mai 2019. (ANEMBE). pp. 258–260

Pardon, B., & Buczinski, S. (2020). Bovine Respiratory Disease Diagnosis: What Progress Has Been Made in Infectious Diagnosis? *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 36(2), 425–444.

PESNEAU E., 2008. Incidence et impact sur les performances de croissance et d'abattage des troubles respiratoires des veaux de boucherie. *Thèse pour le Doctorat Vétérinaire*, Faculté de Médecine de Nantes, 82p.

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. *Journal of dairy science*, 104(4), 4929–4935.

Rabeling, B., Rehage, J., Döpfer, D., & Scholz, H. (1998). Ultrasonographic findings in calves with respiratory disease. *The Veterinary record*, 143(17), 468–471.

Rhodes, V., Ryan, E. G., Hayes, C. J., McAloon, C., O'Grady, L., Hoey, S., Mee, J. F., Pardon, B., Earley, B., & McAloon, C. G. (2021). Diagnosis of respiratory disease in preweaned dairy

calves using sequential thoracic ultrasonography and clinical respiratory scoring: Temporal transitions and association with growth rates. *Journal of dairy science*, 104(10), 11165–11175.

Ridpath, J. F., Fulton, R. W., Bauermann, F. V., Falkenberg, S. M., Welch, J., & Confer, A. W. (2020). Sequential exposure to bovine viral diarrhoea virus and bovine coronavirus results in increased respiratory disease lesions: clinical, immunologic, pathologic, and immunohistochemical findings. *Journal of veterinary diagnostic investigation : official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 32(4), 513–526.

Rosenberger, G., G. Dirksen, H.-D. Grunder, E. Grunert, D. Krause, M. Stober, et R. (Translator) Mack. 1979. *Clinical Examination of Cattle*. édité par Blackwell Science Ltd. Schneider, M. J., Tait, R. G., Jr, Busby, W. D., & Reecy, J. M. (2009). An evaluation of bovine respiratory disease complex in feedlot cattle: Impact on performance and carcass traits using treatment records and lung lesion scores. *Journal of animal science*, 87(5), 1821–1827.

Timsit, E., Tison, N., Booker, C. W., & Buczinski, S. (2019). Association of lung lesions measured by thoracic ultrasonography at first diagnosis of bronchopneumonia with relapse rate and growth performance in feedlot cattle. *Journal of veterinary internal medicine*, 33(3), 1540–1546.

Valarcher, J. F., & Taylor, G. (2007). Bovine respiratory syncytial virus infection. *Veterinary research*, 38(2), 153–180.

Veit, H. P., & Farrell, R. L. (1978). The anatomy and physiology of the bovine respiratory system relating to pulmonary disease. *The Cornell veterinarian*, 68(4), 555–581.

Wileman, B. W., Thomson, D. U., Reinhardt, C. D., & Renter, D. G. (2009). Analysis of modern technologies commonly used in beef cattle production: conventional beef production versus nonconventional production using meta-analysis. *Journal of animal science*, 87(10), 3418–3426.

ANNEXES

Annexe 1: Grille de scoring clinique proposée par l'Université du Wisconsin pour le diagnostic de BPI chez le veau (Wisconsin University)

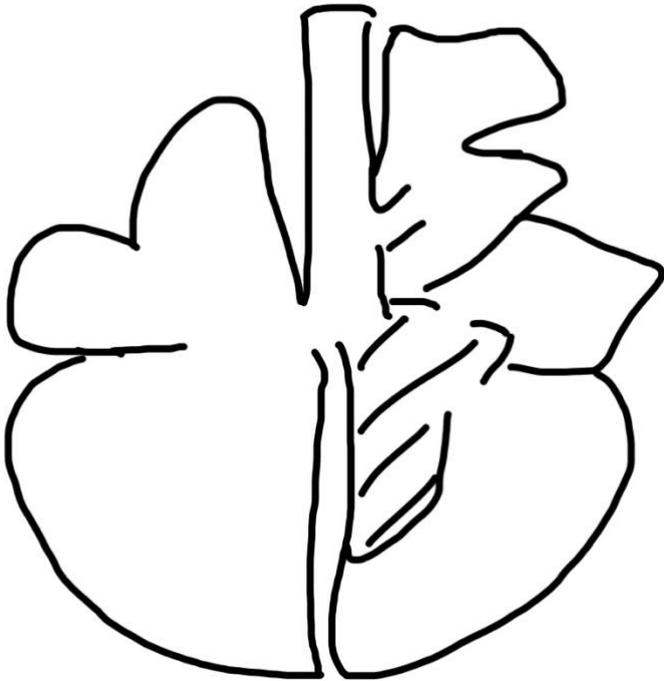


Calf Health Scoring Criteria			
0	1	2	3
Rectal temperature			
100-100.9	101-101.9	102-102.9	≥103
Cough			
None	Induce single cough	Induced repeated coughs or occasional spontaneous cough	Repeated spontaneous coughs
Nasal discharge			
Normal serous discharge	Small amount of unilateral cloudy discharge	Bilateral, cloudy or excessive mucus discharge	Copious bilateral mucopurulent discharge
			
Eye scores			
Normal	Small amount of ocular discharge	Moderate amount of bilateral discharge	Heavy ocular discharge
			
Ear scores			
Normal	Ear flick or head shake	Slight unilateral droop	Head tilt or bilateral droop
			

Annexe 3 : Support de prise de notes utilisé lors de l'examen post mortem à l'abattoir

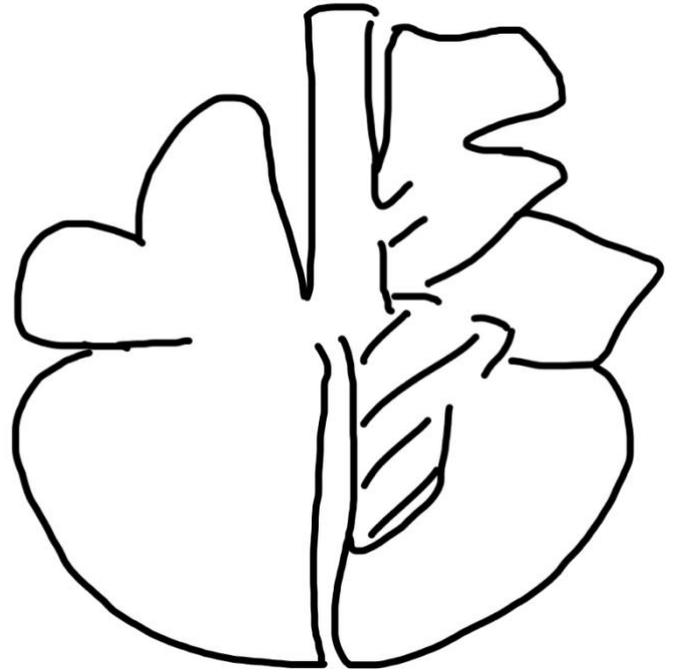
N° TRAVAIL

GAUCHE



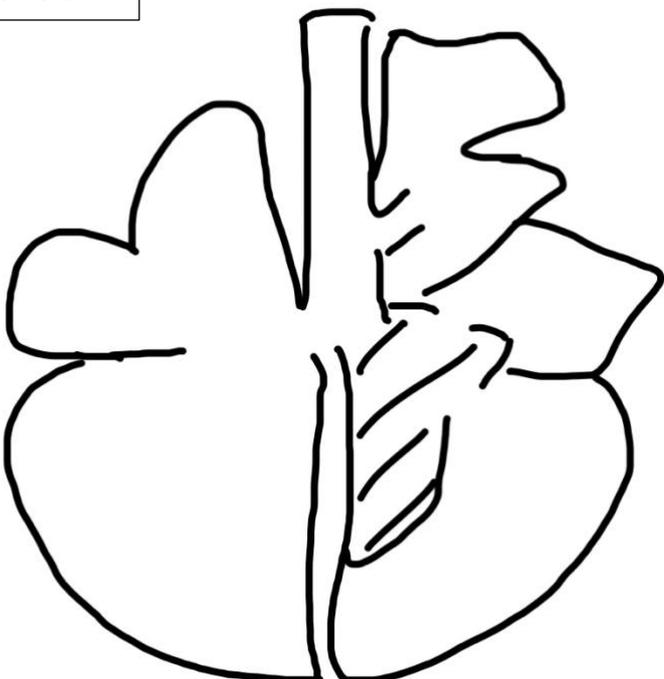
N° TRAVAIL

GAUCHE



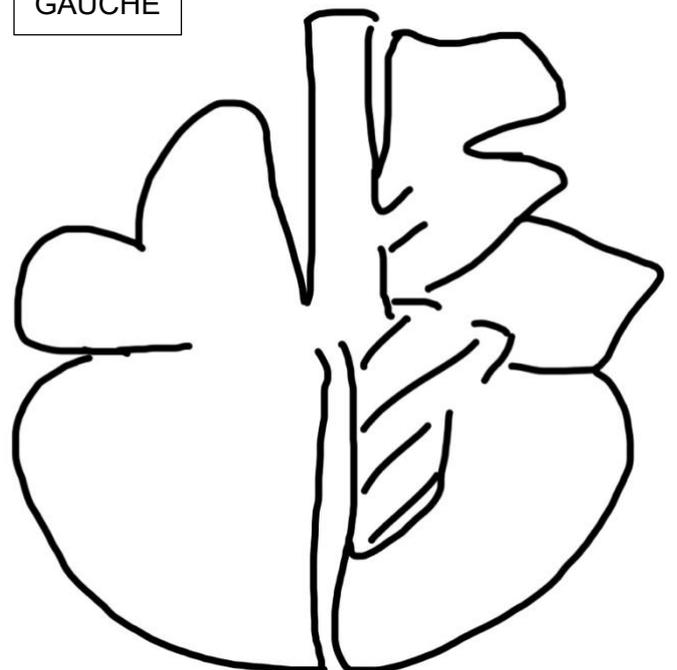
N° TRAVAIL

GAUCHE



N° TRAVAIL

GAUCHE



BOIS Pauline

Intérêt de l'échographie pulmonaire pour le diagnostic précoce des BPI en atelier de veau de boucherie en début d'engraissement.

Nantes, le 29 octobre 2024

Résumé :

Cette étude expérimentale réalisée dans deux élevages de veau de boucherie français a permis d'évaluer les performances diagnostiques de l'échographie pulmonaire (aux seuils de 1cm² et de 3cm² concernant la taille de lésions de consolidation, selon le nombre de lésion observées), en comparaison au scoring clinique et à l'existence de lésions pulmonaires à l'abattoir dans le cadre du diagnostic des bronchopneumonies infectieuses (BPI). De plus, l'efficacité d'une stratégie de traitement individuel mise en place à la suite de la détection de lésions échographiques a également été évalué au travers de la guérison de ces lésions, en plus des stratégies de traitement collectif mise en place pour limiter l'apparition de cas de BPI au sein d'un lot de veau.

Un total de 102 veaux a été suivi sur les quatre premières semaines d'engraissement après leur arrivée en atelier. À chaque visite (trois par élevage à J0/J7/J21 vis à vis de l'arrivée en atelier), un scoring clinique à l'aide de la grille Wisconsin et une échographie pulmonaire complète ont été réalisés sur chaque veau. Deux traitements collectifs pour la gestion des cas de BPI ont été mis en place durant le suivi (semaine 1 et semaine 3). À chaque visite et à chaque détection de lésion pulmonaire $\geq 1\text{cm}^2$, un traitement individuel était mis en place. À l'abattage, les poumons de 90 veaux ont pu être inspectés, dans le but de détecter ou non des lésions compatibles avec des lésions de BPI.

Les résultats rapportent une faible concordance entre les résultats de l'échographie pulmonaire et ceux du scoring clinique dans les deux élevages. Par contre, il ressort de cette étude une concordance correcte entre l'échographie pulmonaire (pour des lésions de consolidation mesurant au moins 1cm²), et les résultats de l'examen post mortem, dans les deux élevages, quel que soit le statut clinique de l'animal. Les traitements individuels mis en œuvre sur la base de lésions à l'échographie n'ont pas amélioré la guérison, tout en sachant que les traitements collectifs ont permis d'éviter l'apparition de nouveaux cas de BPI lors des deux dernières visites dans l'un des deux élevages, compliquant par la même l'observation de signes cliniques et de lésions franches.

Les résultats militent ainsi pour une combinaison pour le diagnostic des BPI reposant à la fois sur du suivi clinique et le cas échéant une association avec l'échographie pulmonaire. Le ciblage des traitements sur la seule présence de lésions échographiques ne semble pas pertinent.

Mots-clés :

Veau de boucherie – échographie pulmonaire – bronchopneumonie infectieuse – examen nécropsique – diagnostic précoce – thérapeutique – score clinique