



HAL
open science

Description de l'intensité et de la gravité des bronchopneumonies infectieuses chez les jeunes bovins en engraissement

Emilie Rochet

► **To cite this version:**

Emilie Rochet. Description de l'intensité et de la gravité des bronchopneumonies infectieuses chez les jeunes bovins en engraissement. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04826900

HAL Id: dumas-04826900

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04826900v1>

Submitted on 9 Dec 2024

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

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

DESCRIPTION DE L'INTENSITE ET DE LA GRAVITE DES BRONCHOPNEUMONIES INFECTIEUSES DES JEUNES BOVINS À L'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 14 octobre 2024
par

Emilie ROCHET

Sous la direction de
Sébastien ASSIÉ

Président du jury : Madame Catherine BELLOC, *Professeure à l'École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation - Oniris*

Membres du jury : Madame Anne RELUN, *Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation - Oniris*

Monsieur Sébastien ASSIÉ, *Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation - Oniris*

Membre invité : Madame Maud ROUAULT, *Assistante d'enseignement et de recherche contractuelle à l'École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation - Oniris*

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT D'ONIRIS

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 (MC Stagiaire) Martine KAMMERER (Pr émérite) Marc GOGNY (Pr émérite)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Lionel MARTIGNAT (Pr)	Julie HERVE (Pr) Grégoire MIGNOT (MC)
Histologie et anatomie pathologique	Marie-Anne COLLE (Pr) Jérôme ABADIE (MC) Florian CHOCTEAU (MC stagiaire)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC) Pierre CORDIER (CERC)
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 HDR) Emmanuel JAFFRES (MC HDR)	Mathilde MOSSER (MC) Boris MISERY (MC) Raouf TAREB (MC) Judith LORANT (MC stagiaire)
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		
Elevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Christine FOURICHON (Pr)	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Ségoène CALVEZ (Pr) Aurélien MADOUASSE (MC HDR) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Alain CHAUVIN (Pr) Emmanuelle MOREAU (Pr) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr) Pauline MAISONNASSE (CERC)	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC HDR) Léa LOISEL (AERC) Kenny OBERLE (MC) Nadine RAVINET (MC)
Médecine des animaux d'élevage	Catherine BELLOC (Pr) Raphaël GUATTEO (Pr) Anne RELUN (MC) Aurore BOISHARDY (CERC)	Sébastien ASSIE (MC) Isabelle BREYTON (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Maud ROUAULT (AERC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Louis DELAUNAY (MC) Bruno LE BIZEC (Pr)	Sofia STRUBBIA (MC) Marie-France PILET (Pr)

Département DSC Sciences cliniquesResponsable : **Olivier GAUTHIER** – Adjoint : **Marion FUSELLIER**

Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC)	
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric AGUADO (Pr) Olivier GAUTHIER (Pr) Eric GOYENVALLE (Pr)	Pierre MAITRE (MC) Caroline TESSIER (MC) Claire DEFOURMSTRAUX (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Jacques GUILLOT (Pr) Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass) Vincent BRUET (MC)	Sabrina VIEU (AERC) Maria Dolores SANCHEZ (CERC)
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 HDR) 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 alimentairesResponsable : **Vanessa JURY** – Adjointe : **Cyril TOUBLANC**

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 communicationResponsable : **Jean-Michel GALIHARRET** – Adjointe : **Sibylle DUCHAINE**

Mathématiques, statistiques, informatique	Chantal THORIN (Pr Ag) Evelyne VIGNEAU (Pr) Jean-Michel GALIHARRET(MC)	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) Franck INSGNARES (IE)	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.)

Formations Techniciens supérieurs	
Responsable : Laurence FRERET	
	Laurence FRERET (PCEA) Françoise BRICHET (IAE) Christophe CARON (PLPA) Virginie MAGIN (Ens.cont.)

Guide de lecture des tableaux :

Pr : Professeur / **Pr ag.** : Pr agrégé / **Pr ass.** : Pr assistant / **IAE** : Ingénieur de l'Agriculture et de l'Environnement / **IE** : Ingénieur d'Études / **HDR** : Habilité à diriger des Recherches / **PLPA** : Professeur Lycée Professionnel Agricole / **PCEA** : Professeur Certifié Enseignement Agricole / **MC** : maître de conférence / **MCC** : MC contractuel / **AERC** : Assistant d'enseignement et de recherche contractuelle / **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 prénom de l'auteur : ROCHET Emilie
- Année de soutenance : 2024
- Titre de la thèse : *Description de l'intensité et de la gravité des bronchopneumonies infectieuses chez les jeunes bovins en engraissement*
- Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire
- Université de soutenance : Faculté de Médecine de Nantes
- École de soutenance : Oniris - École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de L'Alimentation - Nantes Atlantique
- Nombre de pages : 92

Table des matières

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT D'ONIRIS	3
PROTECTION DES DROITS D'AUTEUR ET PLAGIAT	7
LISTE DES FIGURES	13
LISTE DES TABLEAUX	15
LISTE DES ANNEXES	17
INTRODUCTION	19
PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	23
I – Comment définir intensité et gravité des maladies ?.....	23
A) Définitions	23
1. Intensité	23
2. Gravité	23
B) Facteurs de variation de l'intensité et de la gravité des maladies respiratoires chez les bovins.....	24
1. Caractéristiques des animaux.....	24
a) Espèce.....	24
b) Sexe.....	25
c) Age	25
d) Race	26
2. Immunologie	26
a) Mauvais transfert immunitaire à la naissance	26
b) Absence de vaccination.....	26
3. Agents pathogènes	27
4. Conditions d'élevage	27
II – Méthodes de mesure de l'intensité et de la gravité des maladies respiratoires des bovins	28
A) Indicateurs biologiques	28
1. Lactates	28
2. Analyses des gaz sanguins et pH	29
B) Echographie.....	29
1. Méthode.....	29
2. Lésions d'intérêt.....	31
3. Intérêt de l'échographie dans la caractérisation de la gravité des BPI	32
C) Autopsie.....	32
D) Etude des signes cliniques	34
DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE	37

I-	Cadre et objectifs de l'étude.....	37
II-	Matériels et méthodes	38
A)	Animaux, déroulement de l'étude	38
B)	Examen, suivi clinique	39
1.	Examen clinique rapproché.....	39
a)	Définition de l'animal malade	40
b)	Echographie pulmonaire.....	40
i-	Matériel, réglages	40
ii-	Contention, zone d'observation	40
iii-	Images échographiques anormales.....	42
2.	Examens cliniques à distance	42
C)	Analyses statistiques	42
1.	Echantillon étudié, bases de données	43
2.	Variables à expliquer.....	43
a)	Animal malade	43
b)	Animal intensément malade	43
i-	Animal malade avec une température rectale très élevée.....	44
ii-	Animal malade avec une atteinte pulmonaire (lésions échographiques)	44
c)	Animal gravement malade	44
i-	Animal malade deux fois ou plus.....	44
ii-	Animal présentant des lésions échographiques deux fois ou plus.....	44
3.	Variables explicatives.....	45
a)	Variable de rang de prélèvement et d'élevage	45
b)	Variables cliniques	45
4.	Tests et modèles statistiques	46
	TROISIEME PARTIE : RESULTATS	49
I)	Description de l'échantillon étudié	49
II)	Description des animaux malades, intensément malades ou gravement malades, et des signes cliniques observés	50
A)	Description des animaux malades	50
B)	Description de l'animal intensément ou gravement malade	51
1.	Animal intensément malade	51
2.	Animal gravement malade.....	52
C)	Description des signes cliniques	53
1.	Description de la toux	53
2.	Description de la respiration	54

3. Description du jetage	54
4. Description de l'abattement	55
5. Description de l'aspect du creux du flanc	55
6. Description des écoulements oculaires.....	56
7. Description de la prise de nourriture	57
8. Description des lésions échographiques	57
III) Sélection et modification des variables relatives aux signes cliniques	58
A) Toux et fréquence respiratoire	58
B) Jetage et écoulements oculaires.....	59
C) Abattement et creux du flanc	59
IV) Association entre les signes cliniques et les différentes définitions d'animal malade, intensément malade ou gravement malade	59
A) Animal malade.....	59
B) Animal intensément malade.....	62
1. Animal présentant une température rectale supérieure ou égale à 40°C.....	62
2. Animal malade présentant des lésions de consolidations à l'échographie.....	64
C) Animal gravement malade.....	66
1. Animal malade lors de deux observations consécutives	66
a) Rang de prélèvement 2	66
b) Rang de prélèvement 3	68
c) Rang de prélèvement 4	69
d) Bilan	69
2. Animal présentant des lésions échographiques lors de deux observations successives.....	70
a) Rang de prélèvement 2	70
b) Rang de prélèvement 3	72
c) Rang de prélèvement 4	73
d) Bilan	73
QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION.....	75
A) Signes cliniques associés à l'état malade ou non de l'animal.....	75
B) Signes cliniques associés à l'état intensément malade ou non	75
C) Signes cliniques associés à l'état gravement malade ou non	76
D) Limites de l'étude	76
CONCLUSION.....	79
BIBLIOGRAPHIE	81
ANNEXES.....	87

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Incidence de morbidité des maladies respiratoires selon la catégorie de poids à l'arrivée, selon Sanderson et al, 2008.	27
Figure 2 : Caractéristiques des sondes échographiques les plus fréquemment utilisées dans le cadre de l'échographie pulmonaire, selon Herry V. et Masset N., 2021.	30
Figure 3 : Image échographique de poumon sain.....	31
Figure 4 : Image échographique de consolidation.....	31
Figure 5 : Image échographique de queues de comètes	31
Figure 6 : Image échographique d'épanchement pleural.....	31
Figure 7 : Arbre décisionnel pour définir l'agent pathogène impliqué dans les lésions pulmonaires, selon Timsit E., 2021.	33
Figure 8 : Localisation préférentielle des lésions selon l'agent pathogène impliqué, selon Panciera R. et Confer A. a) Bronchopneumonie suppurative et lobulaire à <i>Pasteurella multocida</i> . b) Pleuro-pneumonie fibrineuse à <i>Mannheimia haemolytica</i> (+/- <i>Histophilus somni</i>). c) Bronchopneumonie caséo-nécrotique à <i>Mycoplasma bovis</i>	33
Figure 9 : Grille de score clinique de Wisconsin, selon McGuirk.	34
Figure 10 : Grille de scoring California, selon Love et al.	35
Figure 11 : Design expérimental sur une mise en place de JB.	39
Figure 12 : Zones échographiées du côté droit de l'animal	41
Figure 13 : Zones échographiées du côté gauche de l'animal.....	41
Figure 15 : Répartition des profils raciaux des JB inclus dans l'étude générale.	50
Figure 16 : Distribution des valeurs de températures rectales mesurées lors des examens rapprochés.....	50
Figure 17 : Pourcentage des jour_JB présentant une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C.....	51
Figure 26 : Pourcentages de jour_JB ayant présenté une température rectale supérieure ou égale à 40°C lors de l'examen rapproché	51
Figure 27 : Pourcentages de jour_JB ayant présenté une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C ET des lésions échographiques à l'examen rapproché.	52
Figure 28 : Pourcentage de JB ayant présenté une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C au moins deux fois consécutives dans l'étude.	52
Figure 29 : Pourcentage de JB ayant présenté des lésions échographiques au moins deux fois consécutives dans l'étude.	53
Figure 18 : Nombre de toux comptabilisées sur 5 minutes chez les jour_JB sains (température rectale < 39,7°C à l'examen rapproché).	53
Figure 19 : Nombre de toux comptabilisées sur 5 minutes chez les jour_JB malades (température rectale ≥ 39,7°C à l'examen rapproché	53
Figure 20 : Nature et quantité du jetage observé sur les jour_JB sains ayant présenté du jetage (à gauche), et sur les jour_JB malades ayant présenté du jetage (à droite).....	55
Figure 21 : Abattement observé sur les jour_JB sains (à gauche) et sur les jour_JB malades (à droite).	55
Figure 22 : Aspect du creux du flanc observé sur les jour_JB sains (à gauche) et sur les jour_JB malades (à droite).	56

Figure 23 : Nature et quantité des écoulements oculaires sur les jour_JB sains ayant présenté des écoulements (à gauche), et sur les jour_JB malades ayant présenté des écoulements (à droite).	56
Figure 24 : Prise de nourriture observée chez les jour_JB sains (à gauche) et chez les jour_JB malades (à droite).	57
Figure 25 : Présence ou absence de lésions échographiques de consolidation chez les jour_JB sains (à gauche) et chez les jour_JB malades (à droite).....	57
Figure 30 : Courbe de ROC de la variable « Toux_5min ».	58
Figure 31 : Courbe de ROC de la variable « Frequence_respi »......	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des différentes mises en lot durant l'étude.	38
Tableau 2 : Récapitulatifs des réglages de l'échographe.	40
Tableau 3 : Récapitulatif des caractéristiques des variables à expliquer.	45
Tableau 4 : Récapitulatif des caractéristiques des variables explicatives.....	46
Tableau 5 : Caractéristiques des animaux inclus dans l'étude générale.....	49
Tableau 6 : Pourcentages de jour_JB ayant présenté de la toux chez les sains et les malades. ...	53
Tableau 7 : Description des fréquences respiratoires (FR) observées chez les jour_JB sains et malades lors de l'examen à distance, en mouvements par minute (MPM).	54
Tableau 8 : Pourcentages de jour_JB ayant présenté du jetage chez les sains et les malades. ...	54
Tableau 9 : Pourcentages des jour_JB ayant présenté des écoulements oculaires chez les sains et les malades.....	56
Tableau 10 : Seuil, sensibilité, spécificité et indice de Youden obtenus via les courbe de ROC pour les variables « Toux_5min » et « Frequence_respi ».....	58
Tableau 11 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Temperature ».	60
Tableau 12 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Temperature ».....	60
Tableau 13 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Temperature ».....	61
Tableau 14 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Intense_temperature».....	62
Tableau 15 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Intense_temperature».....	62
Tableau 16 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Intense_temperature».....	63
Tableau 17 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable «Intense_lesion ».	64
Tableau 18 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Intense_lesion ».....	64
Tableau 19 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Intense_lesion ».....	65
Tableau 20 : Effectifs de JB gravement malades (température rectale supérieure ou égale à 39.7°C au moins deux fois consécutives à l'examen rapproché) en fonction du rang de prélèvement.....	66
Tableau 21 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 2.....	67
Tableau 22 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_temperature» au sein du rang de prélèvement 2.	67
Tableau 23 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 2.....	68
Tableau 24 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 3.....	68
Tableau 25 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 4.....	69
Tableau 26 : Effectifs de JB gravement malades (lésions échographiques au moins deux fois successives à l'examen rapproché) en fonction du rang de prélèvement.....	70

Tableau 27 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 2.	71
Tableau 28 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement	71
Tableau 29 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 2.	72
Tableau 30 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 3.	72
Tableau 31 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 4.	73

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Grille de suivi clinique	88
Annexe 2 : Tableau de vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 3.....	89
Annexe 3 : Tableau de vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 3.	89
Annexe 4 : Tableau de vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 4.....	90
Annexe 5 : Tableau de vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 4.	90
Annexe 6 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 3.	91
Annexe 7 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 3.	91
Annexe 8 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 4.	92
Annexe 9 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 4.	92

INTRODUCTION

En France, l'élevage de jeunes bovins (JB) de boucherie correspond à l'élevage de bovins mâles non castrés, engraisés à l'auge et abattus vers 15-20 mois d'âge à un poids vif avoisinant les 700 kg, pour la consommation. Le plus souvent issus de veaux broutards, ils arrivent assez classiquement en atelier d'engraissement vers 7 à 10 mois d'âge, pour un poids vif de 290 à 380 kg (Bareille, 2023). En 2022, l'élevage des JB représente jusqu'à 30% de la production française totale de gros bovins (vaches, génisses, bœufs, JB et taureaux), pour un prix moyen au kilo de carcasse de 4,11€ pour un JB de conformation U (IDELE, 2022). La mise en lots d'animaux de provenances variées dans un contexte de stress important lié au sevrage rend les JB particulièrement sensibles aux maladies respiratoires (Bareille, 2023)

Les bronchopneumonies infectieuses (BPI) sont des affections des bronches et des poumons rencontrées chez les bovins (Chamorro & Palomares, 2020). Elles sont inflammatoires, infectieuses, contagieuses, et engendrent le plus souvent des signes cliniques respiratoires et/ou généraux.

L'importance de ces maladies n'est pas négligeable en élevage. En engraissement, les impacts économiques sont dus notamment à la morbidité élevée et à la mortalité liées à la maladie, à une baisse des gains moyen journaliers (GMQ), à une diminution de la valorisation de la ration, à la baisse du prix de carcasse à l'abattoir consécutive à une diminution de la qualité de la viande, et aux coûts de traitements (individuels ou collectifs) et/ou de vaccinations. S'ajoutent à cette liste les problèmes de reproduction dans les élevages naisseurs-engraisseurs, avec une fertilité diminuée et une augmentation du taux d'avortement chez les futures mères atteintes de BPI (Peel, 2020). La durée d'engraissement est également impactée, avec 44 à 59 jours d'engraissement supplémentaires pour les animaux ayant présenté des signes cliniques (Bareille, et al., 2008). Aux Etats-Unis, les maladies respiratoires sont responsables de plus de 25% des pertes animales dans les feedlots et représentent la principale cause de pertes non imputable à la prédation (USDA, 2006). En France, les BPI sont responsables d'une diminution du revenu annuel de l'éleveur de 11,4 à 26,4% (Bareille, et al., 2008), avec une morbidité de 18,5% chez les JB (Assié, et al., 2009)

Bien que la maladie puisse toucher des animaux de tout âge, on observe cependant une prédominance de malades parmi les animaux suivants : les veaux de races allaitantes autour du sevrage (entre 5 et 8 mois d'âge), les animaux à viande en pré-sevrage, et les veaux laitiers de moins de 3 mois (Chamorro & Palomares, 2020). Le stress et une immunodépression associés à ces différents stades expliquent une prévalence plus élevée des BPI dans ces populations (Chamorro & Palomares, 2020). Chez les animaux un peu plus âgés, le terme "fièvre du transport" (ou "shipping fever" en anglais) est utilisé depuis de nombreuses années pour parler de cette affection, dû au fait que les signes cliniques surviennent le plus souvent peu de temps après

l'arrivée et la mise en lot des animaux dans l'élevage, et donc suite au transport (Camkerten, et al., 2010).

Outre la multiplicité des catégories de bovins pouvant être touchés par les BPI, celles-ci peuvent être engendrées par de nombreux agents pathogènes. On peut retenir d'une part des virus, dont les plus fréquemment mis en cause sont l'herpèsvirus bovin de type 1 (BHV-1), le virus respiratoire syncytial bovin (VRSB), le virus bovin parainfluenza de type 3 (BPI3V), le coronavirus bovin (BCoV), l'adénovirus bovin A-D (BAdV) et le virus de la diarrhée virale bovine (BVD) type 1 et 2, d'autre part des bactéries, avec principalement *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *Histophilus somni*, ainsi que *Mycoplasma bovis* (Ackermann, et al., 2010). Ces agents pathogènes agissent le plus souvent en synergie (Murray, et al., 2016). On estime que 90% des infections respiratoires bactériennes surviennent à la suite d'une infection primaire virale (Babiuk, et al., 1988).

Bien que les agents pathogènes jouent un rôle évident dans le développement de la maladie, il est généralement impossible pour les chercheurs de reproduire les signes cliniques des infections respiratoires bovines (BPI) par simple exposition à ces pathogènes (Jericho & Langford, 1978). De plus, les bactéries impliquées font partie de la flore respiratoire commensale des bovins, et peuvent être isolées chez des animaux sains (Fulton, et al., 2002 ; Allen, et al., 1991). Ces deux éléments mettent en évidence la nécessité de facteurs non infectieux dans le développement des BPI en élevage. Parmi ces facteurs prédisposant, les plus souvent mis en cause sont les suivants : transport, mélange d'animaux de provenances différentes, présence de poussières dans l'air respiré, variations de température extérieure, déshydratation, froid et humidité, désordre métabolique aigu, changements alimentaires sans transition, procédure chirurgicale (castration ou écornage), sevrage brutal, etc (Taylor, et al., 2010).

Les signes cliniques observés lors des BPI sont des signes d'atteinte de l'appareil respiratoire. On observe une association de signes cliniques d'atteinte respiratoire haute, l'infection se faisant par voie aérienne et les voies aériennes supérieures étant atteintes en premier, et d'atteinte respiratoire basse : jetage nasal séreux à purulent, le plus souvent bilatéral, toux, polypnée, dyspnée, écoulements oculaires séreux à purulents. Ceux-ci peuvent être accompagnés de signes d'atteinte de l'état général : hyperthermie qui peut être marquée (jusqu'à 41,5°C), abattement, dysorexie voire anorexie (Urban-Chmiel & Grooms, 2012). La présence de chaque signe et l'intensité clinique des signes présents varient d'un individu à l'autre de nombreux facteurs entrant en jeu (caractéristiques de l'animal, immunologie, agents impliqués, conditions d'élevage).

L'évaluation de ces signes se fait en général en recherche à l'aide de grille de scoring, qui permettent d'estimer l'intensité de chaque signe par observation à distance de l'animal (McGuirk, 2008 ; Love, et al., 2014). Ces systèmes de scoring présentent une sensibilité diagnostique supérieure à 70%, et une spécificité de plus de 87% sur des populations de veaux et de génisses

laitières (Love, et al., 2016). Peu de données existent sur des populations de jeunes bovins allaitants, bien qu'un système de scoring suite à l'observation à distance des animaux serait intéressant en élevage, de par la manipulation parfois délicate de ceux-ci.

Cette étude a pour objectif de définir et de décrire l'intensité et la gravité des maladies respiratoires chez les jeunes bovins à l'engraissement, en se basant sur les signes cliniques observables lors d'examens à distance.

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I – Comment définir intensité et gravité des maladies ?

A) Définitions

1. *Intensité*

Peu de définitions existent en médecine vétérinaire. En médecine humaine, l'intensité d'une maladie se réfère principalement à l'ampleur et à la force des symptômes, ainsi qu'à leur impact immédiat sur la vie de l'individu. Elle mesure la sévérité des signes cliniques et leur influence sur la capacité de l'individu à réaliser ses activités journalières.

Elle est généralement évaluée par des mesures objectives et/ou subjectives de la sévérité des symptômes. Par exemple, l'échelle visuelle analogique (EVA) décrite par Huskisson en 1974 est souvent utilisée pour quantifier la douleur : on demande aux patients de noter leur douleur sur une ligne, représentant une échelle allant de "pas de douleur" à "douleur maximale imaginable" (Huskisson, 1974). D'autres outils de scoring sont mis en place pour certaines maladies spécifiques, comme le score Harvey-Bradshaw pour la maladie de Crohn, afin de mesurer l'intensité de la maladie. Celui-ci se base sur divers paramètres cliniques, comme la douleur abdominale, le nombre de selles et leur consistance, la présence de masse abdominale, ou encore l'état général, permettant une évaluation complète du patient (Vermeire, et al., 2010). L'intensité d'une maladie est variable d'un individu à un autre et d'un moment à un autre, comme une grippe peut se manifester par un léger inconfort chez l'un ou une fièvre et des douleurs musculaires importantes chez l'autre, d'où l'importance de mesurer l'intensité de la maladie pour ajuster le traitement. L'adaptation de ce dernier passe également par l'évaluation de l'impact des symptômes sur la vie quotidienne des individus, lequel peut être évalué par des outils comme le SF-36 Health Survey, questionnaire de qualité de vie couvrant divers domaines de la santé (Ware & Sherbourne, 1992).

En médecine vétérinaire, les animaux ne peuvent d'eux-mêmes évaluer leurs symptômes (notion subjective, incluant le ressenti par le patient). L'évaluation de l'intensité passe donc par l'évaluation des signes cliniques, objectifs et observables par un tiers. Des outils de scoring, permettant la gradation et la notation de ces signes cliniques, développés en partie suivante, ont ainsi pour but de quantifier l'intensité de la maladie.

2. *Gravité*

La gravité de la maladie reflète quant à elle l'impact global sur la santé et la vie de l'individu, à moyen et long terme. On intègre alors les notions de pronostic, le risque de complications ou de mortalité. En médecine humaine, des outils tels que la mesure des années de vie ajustées sur l'incapacité (DALY) peuvent être utilisés pour caractériser la maladie en termes de morbidité et de mortalité. Sont également évaluées les années de vie vécues avec une incapacité ou un handicap (Murray & Lopez, 1997). Certaines maladies peuvent aussi être considérées "graves"

de part des difficultés à les traiter : peu de traitements disponibles, ou traitements inefficaces. Sont alors considérées comme graves des maladies causées par des bactéries résistantes aux antibiotiques, récidivantes (Bennett, et al., 2015). D'autres encore sont considérées graves de par leur capacité à se propager rapidement et à causer des taux élevés de morbidité et/ou mortalité dans des populations naïves. C'est le cas par exemple de la grippe aviaire (WHO, 2020).

Ainsi, de manière générale en médecine vétérinaire, la gravité fait référence aux répercussions de la maladie sur l'état général de l'animal et à son pronostic, engendrant d'une part un impact sur la performance de l'animal (croissance, mais également production laitière ou reproduction sur d'autres catégories d'animaux) et d'autre part un impact sur le troupeau, via les indicateurs de morbidité et de mortalité (Dunn, et al., 2018). L'évaluation de la gravité passe par la mesure et la quantification de différents paramètres : le taux de guérison des animaux malades, la durée de la maladie, les conséquences à long terme sur la productivité de l'animal et sur le troupeau. L'auscultation pulmonaire et l'échographie thoracique permettent également d'évaluer l'étendue des lésions pulmonaires et leur évolution dans le temps (Timsit, et al., 2019).

L'évaluation de l'intensité clinique et de la gravité est essentielle sur plusieurs aspects. Elle permet d'orienter les stratégies de traitements, les interventions de gestion du troupeau, et permet de minimiser l'impact économique des BPI. Elle aide également à orienter les efforts de recherche vers le développement de stratégies de prévention et de contrôle plus efficaces.

B) Facteurs de variation de l'intensité et de la gravité des maladies respiratoires chez les bovins

1. *Caractéristiques des animaux*

De nombreux facteurs prédisposants sont décrits dans la littérature comme ayant un impact sur la morbidité des BPI, l'intensité et la gravité de leur expression. Dans un premier temps, on peut citer des caractéristiques propres au individus étudiés, comme l'espèce, l'âge, le sexe ou la race.

a) *Espèce*

Le système respiratoire bovin présente des caractéristiques anatomiques et physiologiques pouvant être impliquées dans le développement des BPI. En effet, comparativement à d'autres espèces animales comme le chien, la chèvre, le cheval ou même l'homme, les bovins présentent une capacité d'échanges gazeux diminuée. Ainsi, dans les périodes d'activité physique ou métabolique, la concentration en oxygène dans les bronchioles et alvéoles est réduite, diminuant ainsi l'activité mucociliaire et l'activité des phagocytes, déjà peu nombreux chez les bovins. La ventilation au repos des bovins est également plus importante que celle d'autres animaux, impactant ainsi le développement des BPI lorsque l'air respiré

devient vicié. On note également que le poumon bovin, en comparaison au poumon d'autres espèces domestiquées, est très compartimenté. Ainsi, en cas d'occlusion suite, par exemple, à l'inhalation de liquide ou à une bronchite, les voies respiratoires sont prédisposées à une hypoxie ou anoxie périphérique, réduisant donc la surface de poumon utile, déjà faible (Veit & Farrell, 1978).

b) Sexe

Les études tendent à montrer que les mâles sont plus fréquemment et plus sévèrement touchés par les BPI. En effet, dans une étude menée sur 10142 animaux aux Etats-Unis, il fut montré que l'incidence des maladies respiratoires était plus importante pour les veaux mâles que pour les femelles, et ce aussi bien en périodes de pré-sevrage, où mâles et femelles étaient mélangés, qu'en engraissement, où les deux sexes étaient élevés séparément. On a notamment pu observer 14,4% des veaux mâles malades en pré-sevrage contre 9,5% des femelles, et 17,5% des veaux mâles malades en engraissement contre 12,5% des femelles (Muggli-Cockett, et al., 1992). Les données de Snowden semblent également en accord avec ces études, avec un taux d'incidence des BPI 1,5 à 2 fois supérieur chez les mâles que chez les génisses, et une mortalité plus élevée (Snowden, et al., 2006).

c) Age

Les jeunes veaux, notamment ceux âgés de 6 à 8 semaines, semblent particulièrement sensibles aux maladies respiratoires. On retrouve dans cette classe d'âge une prévalence plus élevée de BPI, jusqu'à 20% d'animaux malades, avec des symptômes plus intenses et des répercussions plus marquées que sur des bovins plus âgés (Fulton, 2009). Cela peut s'expliquer par un système immunitaire encore immature à cet âge, engendrant une réponse inflammatoire exacerbée, et donc des signes cliniques plus intenses (Panciera & Confer, 2010).

Les adultes, bien que pouvant être atteints de BPI, présentent en général des symptômes moins sévères et une mortalité plus faible, de par une immunité plus forte et des expositions antérieures aux pathogènes probables. Le taux d'infections respiratoires chez les adultes est d'environ 5 à 10%. De plus, la capacité pulmonaire est plus développée sur ces animaux, atténuant ainsi l'intensité et la gravité de la maladie (Griffin, et al., 2010).

Les jeunes bovins à l'engraissement constituent quant à eux une catégorie à risque pour les BPI, notamment en raison de nombreux stress (sevrage, transport et allotement par exemple) pouvant affaiblir leur système immunitaire. Selon Snowden, jusqu'à 21% des JB à l'engraissement développent des maladies respiratoires sévères, avec un taux de mortalité pouvant avoisiner les 2% (Snowden, et al., 2006).

L'âge de la mère semble également avoir une influence : l'incidence des BPI diminue en pré-sevrage avec l'augmentation de l'âge de la mère, alors qu'elle augmente avec le stade de parturition en engraissement (Muggli-Cockett, et al., 1992).

d) Race

La race des animaux influe sur la sensibilité aux BPI en raison des différences génétiques, physiologiques et de conduite d'élevage. Par exemple, des bovins de race Holstein présentent une incidence de BPI plus élevée que des races allaitantes type Herford ou Angus, probablement à cause d'un métabolisme plus élevé et des pratiques plus intensives en élevage laitier (Snowder, et al., 2006). Les différences génétiques entre les races ont également leur importance dans la réponse immunitaire des animaux face aux infections respiratoires. Certaines races, comme l'Angus et la Hereford, citées précédemment, ont une meilleure résistance génétique face aux pathogènes responsables de BPI (Taylor, et al., 2010).

2. Immunologie

a) Mauvais transfert immunitaire à la naissance

Le transfert d'immunité passive se passe dans les heures suivant le vêlage, par absorption d'anticorps maternels contenus dans le colostrum. Dans le cas où le veau ne reçoit pas une quantité suffisante d'un colostrum de qualité dans les premières heures de vie, il est à risque d'un mauvais transfert d'immunité passive (MTIP). Selon une étude de Donovan en 1998, les veaux présentant un MTIP présentent un risque nettement augmenté de BPI, avec une incidence jusqu'à deux fois supérieure à celle de veau ayant reçu un bon colostrum rapidement et en quantité adéquate (Donovan, et al., 1998).

Les veaux ayant un MTIP ont en général des signes cliniques plus sévères de BPI et une mortalité plus élevée, donc une intensité et une gravité plus importantes (Godden, et al., 2009). En effet, un MTIP est signe de concentration en gamma globulines sériques plus faibles, limitant ainsi les réponses immunitaires du veau et l'empêchant de combattre efficacement les pathogènes. De manière générale, les veaux avec MTIP présentent une probabilité plus élevée de morbidité et de mortalité au cours des premières semaines de vie, mettant en évidence l'importance de la gestion du colostrum pour améliorer la santé générale des veaux et prévenir les BPI (Wells, et al., 1996).

b) Absence de vaccination

La vaccination a pour objectif de stimuler la réponse immunitaire des animaux contre les agents pathogènes responsables des BPI, principalement les virus respiratoires et certaines bactéries telles que *Mannheimia haemolytica* et *Pasteurella multocida*. Les bovins correctement vaccinés tendent à présenter des symptômes moins sévères dans le cadre de BPI, associés à des taux de mortalité réduits en comparaison à des animaux non vaccinés (Chamorro & Palomares, 2020). La vaccination permet de réduire l'intensité et la gravité des BPI en stimulant la production d'anticorps spécifiques, et en renforçant l'immunité cellulaire.

Il est important de considérer l'environnement des animaux afin d'adapter la vaccination aux souches présentes dans l'élevage, et de bien suivre les recommandations de protocoles vaccinaux dans l'optique d'assurer une protection continue des animaux (Griffin, et al., 2010).

3. Agents pathogènes

Selon Grissett en 2015, l'infection initiale est le plus souvent virale et affaiblit la fonction immunitaire, autorisant ainsi une colonisation bactérienne secondaire, laquelle aggrave la maladie (Grissett, et al., 2015). Les infections mixtes, impliquant plusieurs agents pathogènes simultanément, sont souvent associées à des symptômes plus sévères et une mortalité plus importante. Par exemple, comme décrit par Taylor en 2010, une infection à *M. haemolytica* secondaire à une infection virale entraîne des lésions pulmonaires sévères, ce qui endommage les cellules immunitaires et le tissu pulmonaire. L'interaction entre virus et bactéries amplifie la réponse inflammatoire, donnant ainsi des signes cliniques marqués (Taylor, et al., 2010).

4. Conditions d'élevage

Dans une étude menée aux Etats-Unis sur une population incluant 20 136 animaux, avec une moyenne de 165 têtes par élevage, Sanderson a montré l'importance du poids du bovin à l'arrivée (Sanderson, et al., 2008). Les animaux arrivant avec un poids vif plus important étaient moins à risque de maladie. Les ratios des taux d'incidence étaient de 0,52 et 0,18 pour des animaux pesant, respectivement, entre 250 et 318 kg, et plus de 318 kg (Figure 1).

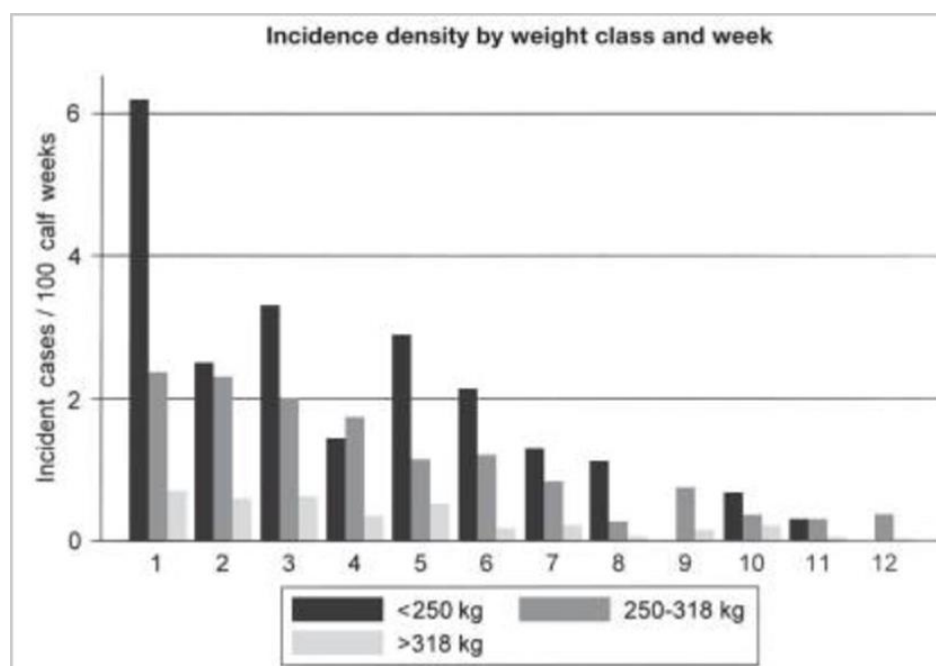


Figure 1 : Incidence de morbidité des maladies respiratoires selon la catégorie de poids à l'arrivée, selon Sanderson et al, 2008.

Dans cette même étude, une association a été mise en évidence entre la distance parcourue pendant le transport et la morbidité des BPI en élevage. L'étude étant basée sur des sondages autodéclarés, ce résultat reste à considérer avec précaution. A l'opposé, une autre étude a mis en évidence l'absence de lien entre la distance parcourue et l'incidence des maladies : sur les quatre années de l'étude, le risque était autant élevé pour les animaux provenant de marchés proches de l'élevage que pour ceux ayant voyagé sur de plus longues distances (Ribble, et al., 1995).

Tous les éléments évoqués au préalable jouent le rôle de facteur prédisposant et/ou favorisant la maladie. Ils ne sont pas nécessaires au développement des BPI, mais participent à en augmenter l'intensité et la gravité dans les élevages (Taylor, et al., 2010).

II – Méthodes de mesure de l'intensité et de la gravité des maladies respiratoires des bovins

A) Indicateurs biologiques

Des indicateurs biologiques tels que les pressions partielles de O₂ ou de CO₂, le pH sanguin, ou bien encore les lactates sanguins peuvent aider au diagnostic des BPI et la qualification de leur intensité et gravité. En effet, à cause de l'importance majeure de l'appareil respiratoire dans les échanges gazeux, les BPI peuvent affecter les équilibres acido-basiques sanguins, ainsi que l'oxygénation des tissus, l'élimination du CO₂ et le métabolisme énergétique (Oskar, et al., 2006).

1. Lactates

Les lactates entrent en jeu dans le cadre du métabolisme anaérobie lactique. De manière résumée, une molécule de glucose est dégradée en deux molécules d'acide pyruvique afin de produire de l'énergie. Par la suite, ce pyruvate est dégradé en lactate, dont la concentration sanguine dépend de sa production et de son élimination au niveau du foie (Camkerten, et al., 2010). Des taux élevés de lactates sanguins sont souvent rapportés chez des patients malades dans diverses espèces et pour diverses affections : syndrome dilatation torsion de l'estomac chez le chien (Papp, et al., 1999), coliques chez les chevaux (Genn & Hertsch, 1982), diarrhées néonatales bovines (Kaske, 1994), etc. Dans le contexte des maladies respiratoires, une diminution des échanges d'oxygène des poumons au sang artériel, une consommation plus importante d'O₂ consécutive aux efforts respiratoires plus marqués et parfois des dysfonctionnements cardiovasculaires pourraient contribuer à une mobilisation plus importante de la voie métabolique anaérobie, engendrant ainsi une augmentation de la concentration des

lactates sanguins chez les animaux malades (Coghe, et al., 2000). La mesure de la concentration sanguine en lactate peut se faire en laboratoire ou au chevet de l'animal grâce à un lecteur portable, sur un prélèvement de sang veineux.

Une étude menée sur 109 veaux atteints de maladie respiratoire montre une augmentation de la concentration des lactates sanguins avec la sévérité de la maladie. Cette mesure des lactates sur les veaux est donc un bon moyen de diminuer les coûts économiques en limitant des traitements inutiles sur animaux à mauvais pronostic (Coghe, et al., 2000). Il est à noter que la concentration sanguine en lactates est influencée par le tempérament de l'animal : un animal stressé aura des lactates plus élevés qu'un animal calme dans le même état de santé. Ainsi, une mesure seule de lactates ne suffit pas à elle seule à diagnostiquer les BPI, mais la réalisation d'une cinétique et l'association à d'autres marqueurs de la maladie permet d'améliorer le diagnostic et la prise en charge thérapeutique (Buczinski, et al., 2015).

2. Analyses des gaz sanguins et pH

Dans une étude menée sur 42 veaux laitiers en 2006, il est montré que l'analyse des gaz sanguins marque la sévérité de la maladie et donne des indices pronostiques pour l'animal. En effet, sur des animaux souffrant d'une BPI chronique, on observe une hypoxémie importante, traduite par une pression partielle en O₂ entre 4 et 6 kPa, pression que l'on observe en règle générale dans du sang veineux et non artériel, qui devrait plutôt se situer entre 11 et 13 kPa (Oskar, et al., 2006).

L'hypercapnie observée, liée à une acidose respiratoire, est compensée par une alcalose métabolique, d'où des pH sanguins observés dans les normes. Le pH n'est donc, au contraire, pas le meilleur indicateur de maladie (Oskar, et al., 2006).

B) Echographie

1. Méthode

L'échographie pulmonaire est un outil rapide, précis et non-invasif utilisable au chevet de l'animal pour mettre en évidence des lésions pulmonaires associées aux BPI. Elle correspond à l'observation des plèvres et du parenchyme pulmonaire adjacent, nécessitant une profondeur d'examen variant entre 6 et 30 cm de profondeur, selon l'âge, le type racial et l'engraissement de l'animal. Les sondes les plus fréquemment utilisées sont les sondes linéaires et semi-convexes. De par leur forme, elles peuvent se glisser en région axillaire sous le coude l'animal (ce qui n'est pas le cas pour une sonde convexe par exemple), et sont souvent utilisées pour le suivi gynécologique en élevage, ne demandant donc pas d'investissement dans du nouveau matériel pour le vétérinaire (Herry & Masset, 2021). Les caractéristiques des sondes les plus fréquemment utilisées sont résumées dans la Figure 2 ci-dessous.



	Linéaire	Hybride (semi-convexe)
Type de sonde		
Fréquence	7 - 10 MHz	3 – 7,5 MHz
Profondeur d'examen	6-10 cm	8 – 15 cm
Examen Veau / bovin adulte	Veau : Oui Bovin adulte : +/-	Veau : Oui Bovin adulte : Oui
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilité - Examen facilité en région axillaire - Netteté des organes superficiels 	<ul style="list-style-type: none"> - Très polyvalente - Netteté des organes superficiels - Rapport coût-panel d'utilisation intéressant
Limites	<ul style="list-style-type: none"> - Adulte : Visualisation uniquement des lésions superficielles 	<ul style="list-style-type: none"> - Fenêtre intercostale + difficile à obtenir (convexité) - Abord des EIC crâniens un peu plus difficile (plus grosse)

Figure 2 : Caractéristiques des sondes échographiques les plus fréquemment utilisées dans le cadre de l'échographie pulmonaire, selon Herry V. et Masset N., 2021.

En règle générale, l'examen échographique se fait du thorax caudal au thorax crânial, à droite et à gauche de l'animal. La sonde est placée au niveau de chaque espace intercostal (EIC) et déplacée de haut en bas, parallèlement aux côtes, jusqu'à observation du diaphragme, des jonctions costochondrales ou du cœur (Ollivett, et al., 2015). L'échographie systématique de l'ensemble du poumon visible est l'examen idéal. Cependant, en condition d'élevage, et notamment lorsqu'il y a de nombreux animaux à échographier, des techniques rapides peuvent s'avérer utiles.

Une étude réalisée en France en 2022 sur 300 veaux de boucherie met en évidence que l'échographie des parties crânielles et moyennes du thorax (EIC 1 à 5 à droite, EIC 2 à 5 à gauche) est une technique rapide et sensible permettant d'identifier les animaux présentant des lésions pulmonaires de consolidation. En effet, 79,8% des veaux affectés présentaient des lésions exclusivement dans les parties crânielles et moyennes du thorax, et 19,3% des veaux présentaient des lésions dans les parties crânielles, moyennes et caudales. Une échographie des parties crânielles et moyennes du thorax permet donc de diagnostiquer la maladie de manière sensible (Masset, et al., 2022).

L'examen est plus délicat sur des animaux plus lourds, de par une taille et une masse musculaire plus importante, qui rendent l'accès au poumon crânial impossible. Les JB étant des animaux lourds et les premiers EIC étant impossible d'accès, une méthode focalisée aux 4ème et 5ème EIC, dont l'intérêt a été démontré sur des veaux laitiers ayant jusqu'à 6 mois d'âge (Pravettoni, et al., 2021), est la méthode retenue pour l'examen des JB dans cette étude. Comparativement à une échographie complète du thorax, cette échographie focalisée présente

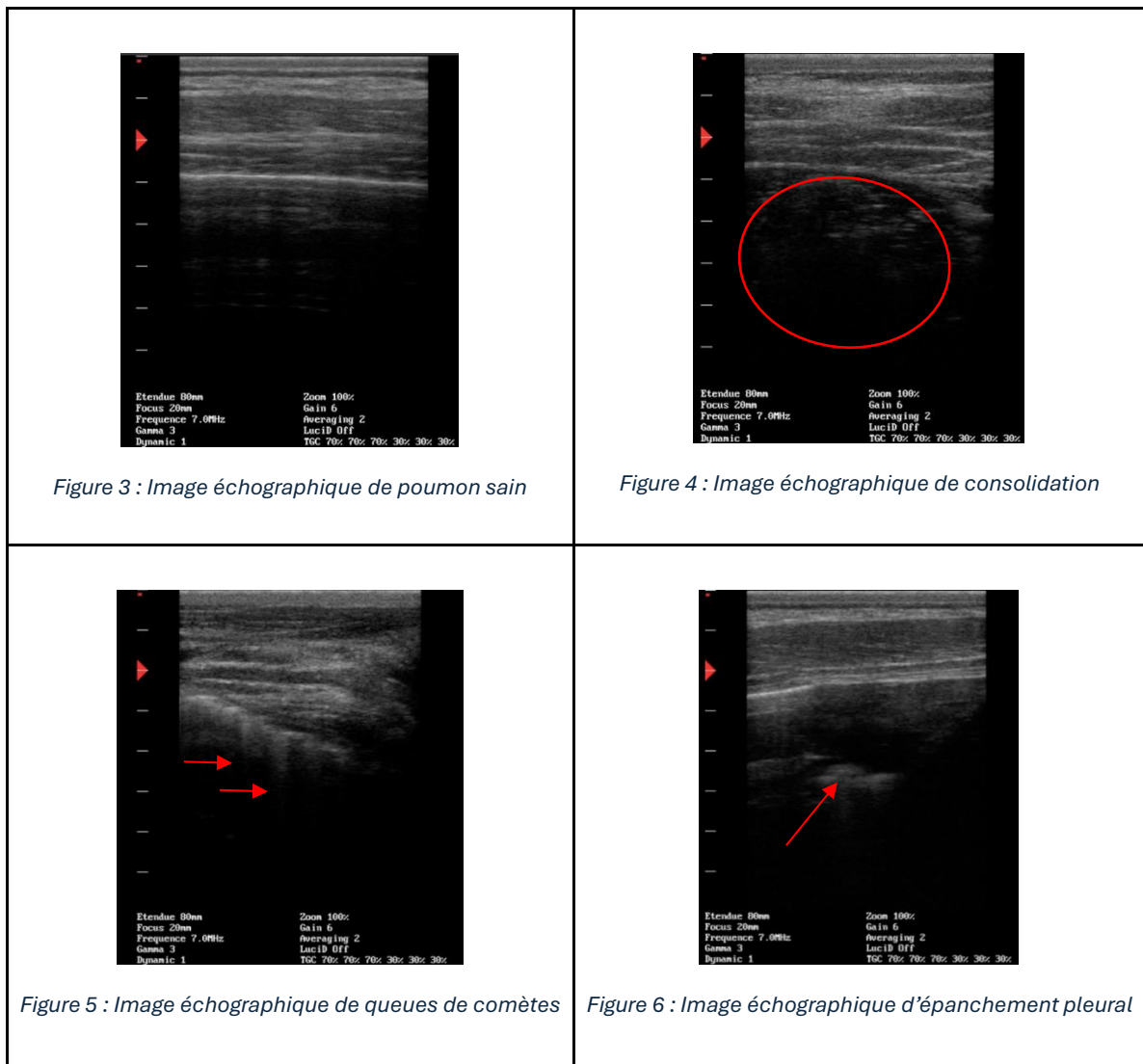
une sensibilité de 81,6%, une spécificité de 100%, et une précision de 97%, le tout en passant moins de temps sur chaque animal.

2. Lésions d'intérêt

L'échographie permet de visualiser, du tissu le plus superficiel au tissu le plus profond, la paroi thoracique (peau, tissu conjonctif sous cutané, muscles intercostaux), les plèvres pariétales et viscérales, et le poumon (Figure 3). Des lésions pulmonaires engendrent une restructuration du parenchyme pulmonaire et une modification de l'image observée.

Les lésions pouvant être observées sont les suivantes :

- Lésion de consolidation (Figure 4)
- Queue de comète (Figure 5)
- Epanchement pleural (Figure 6)



3. Intérêt de l'échographie dans la caractérisation de la gravité des BPI

Une étude réalisée sur un total de 44 animaux en engraissement met en évidence l'intérêt de l'échographie pulmonaire dans l'évaluation du pronostic de la maladie, et donc dans la mesure de la gravité de celle-ci. En effet, les cinq indicateurs échographiques mesurés (nombres de sites présentant des consolidations, nombre de sites présentant des irrégularités pleurales, profondeur maximale des consolidations, aire maximale des consolidations, et aire totale consolidée) sont significativement plus élevés à la première observation chez les animaux malades morts avant la fin de la période d'observation que chez les animaux malades encore en vie à la fin de l'essai (Rademacher, et al., 2014).

La valeur pronostic de l'échographie est également démontrée en élevage laitier, de par une influence des consolidations pulmonaires sur la production laitière, comme le montre l'étude de Dunn en 2018. Celle-ci démontre que la présence de consolidations pulmonaires lors des 8 premières semaines de vie des génisses, bien que non liée à l'âge à la première mise bas, résulte en une perte de 525 kg de lait en moyenne sur la première lactation (Dunn, et al., 2018).

C) Autopsie

L'autopsie est une technique fréquente dans la pratique vétérinaire. Elle est réalisée de manière quasi systématique dans les grands feedlots américains, sur les animaux euthanasiés ou retrouvés morts dans leur case. Elle est effectuée par le vétérinaire en charge du feedlot, ou bien par un employé au préalable formé. Dans ce dernier cas, l'employé prend des photos standardisées et les envoie ensuite au vétérinaire pour diagnostic. L'examen peut être réalisé en moins de 10 minutes lorsque le manipulateur est expérimenté (Timsit, 2021).

Elle peut être réalisée sur animal couché (surtout sur des veaux) ou sur animal suspendu par un postérieur. L'ensemble des systèmes et organes sont examinés. L'examen des poumons se fait au cours de l'examen des viscères thoraciques. Ceux-ci sont d'abord détachés de la carcasse, puis palpés pour rechercher des anomalies dans leur consistance. Diverses coupes sont ensuite réalisées dans les parenchymes pulmonaires droits et gauches (Griffin, 2012).

Dans le cadre des BPI, elle peut permettre, via des prélèvements, d'aboutir à l'identification de bactéries pathogènes. Cette identification dépend de nombreux facteurs tels que la nature et le nombre de traitements antibiotiques reçus par l'animal, la méthode de prélèvement, l'état de décomposition du tissu, le transport de l'échantillon, ou encore la méthode de détection (Panciera & Confer, 2010). Cependant, même sans analyses bactériologiques, la simple présence de lésions pulmonaires permet d'établir le diagnostic de pneumonie. Le type de lésions permet également d'orienter plus précisément le diagnostic et de définir quels agents pathogènes sont impliqués (Figure 7 (Timsit, 2021)).

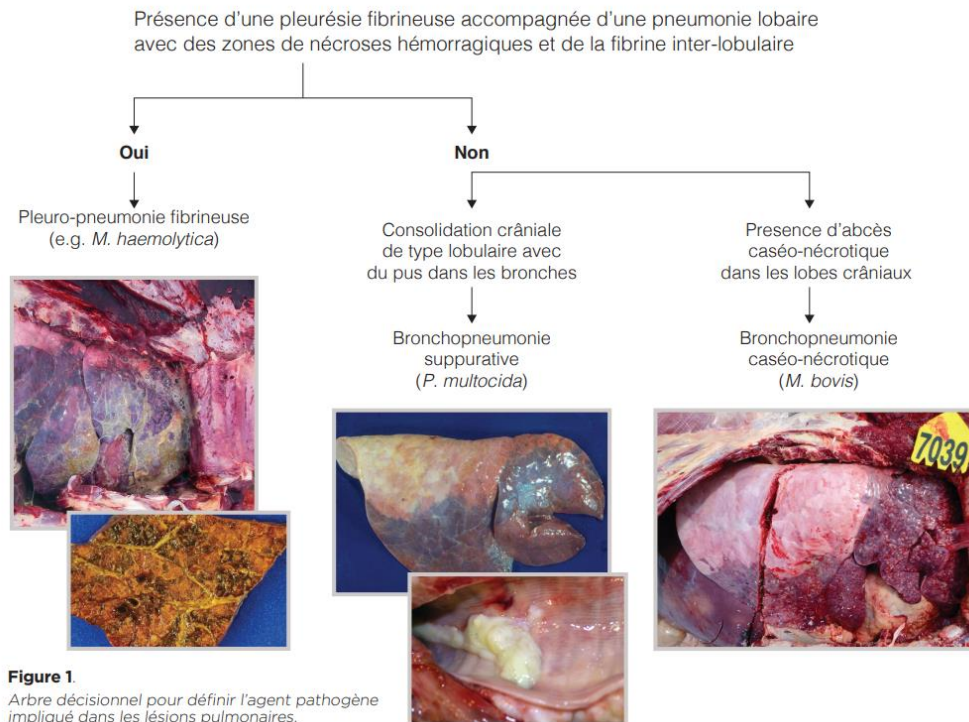


Figure 7 : Arbre décisionnel pour définir l'agent pathogène impliqué dans les lésions pulmonaires, selon Timsit E., 2021.

Par exemple, une bronchopneumonie suppurative et lobulaire oriente le diagnostic vers une pneumonie à *Pasteurella multocida*. Une pneumonie ou pleuro pneumonie fibrineuse, avec des zones de nécroses hémorragiques et de la fibrine inter-lobulaire, est plutôt typique d'une infection par *Mannheimia haemolytica*, voire parfois par *Histophilus somni*. La présence d'abcès caséo-nécrotiques dans les lobes crâniiaux signe quant à elle une bronchopneumonie caséo-nécrotique à *Mycoplasma bovis* (Figure 8 (Pancieria & Confer, 2010)).

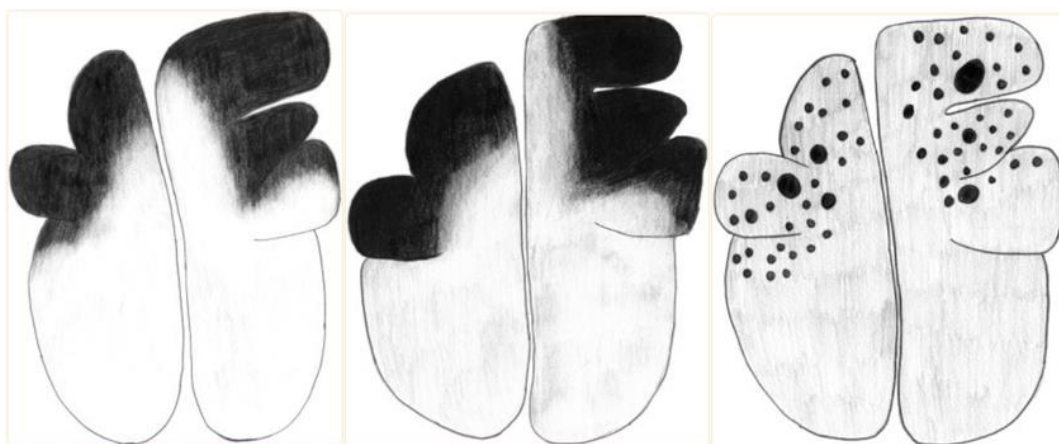


Figure 8 : Localisation préférentielle des lésions selon l'agent pathogène impliqué, selon Panciera R. et Confer A. a) Bronchopneumonie suppurative et lobulaire à *Pasteurella multocida*. b) Pleuro-pneumonie fibrineuse à *Mannheimia haemolytica* (+/- *Histophilus somni*). c) Bronchopneumonie caséo-nécrotique à *Mycoplasma bovis*.

D) Etude des signes cliniques

Les méthodes citées ci-dessus nécessitent une proximité et une contention des animaux, non toujours possible en élevage. L'étude des signes cliniques est facile, peu invasive, et peut se faire à une relative distance des animaux. Comme précisé en introduction, ceux-ci peuvent être variés et d'intensité différente selon les individus atteints. Il convient alors d'estimer l'intensité de chacun de ses signes.

En 2008, McGuirk évalue 5 signes cliniques afin de déterminer si l'animal est ou non malade. La température rectale, la toux, le jetage nasal, les écoulements oculaires et le positionnement des oreilles sont observés et leur intensité est jugée : le paramètre est soit normal, soit légèrement, modérément ou significativement altéré. Une note de 0 (paramètre normal) à 3 (paramètre significativement altéré), reflète de l'intensité du signe clinique, est ainsi attribuée à chaque paramètre. Un exemple de notation est donné dans la grille suivante (Figure 9).














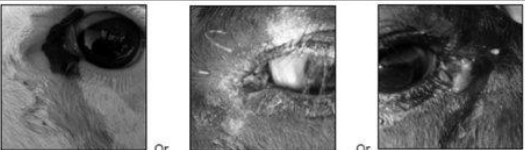
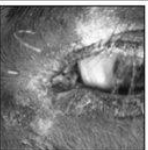
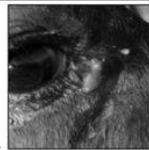
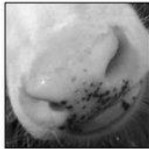

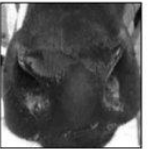





0	1	2	3
Rectal temperature			
100-100.9	101-101.9	102-102.9	≥103
Cough			
None	Induce single cough	Induced repeated coughs or occasional spontaneous cough	Repeated spontaneous coughs
Nasal discharge			
Normal serous discharge	Small amount of unilateral cloudy discharge	Bilateral, cloudy or excessive 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
			

Figure 9 : Grille de score clinique de Wisconsin, selon McGuirk.

La mise en place d'un système de scoring permet d'intégrer l'intensité de chacun des signes cliniques observés, permettant ainsi de mesurer le phénomène multidimensionnel qu'est la maladie. Dans une étude menée sur des veaux laitiers, chaque signe clinique couramment associé aux maladies respiratoires est noté de 0, paramètre normal, à 3, paramètre fortement anormal. Les animaux sont considérés malades lorsque le score respiratoire (ie la somme des notes de chaque paramètre clinique) est supérieur ou égal à 5, ou lorsque que deux paramètres

ou plus ont une note supérieure à 2. Ce scoring individuel, réalisé deux fois par semaine sur chaque veau, peut aider à améliorer la détection des BPI chez les animaux. Une détection précoce permet une meilleure efficacité des traitements, ainsi qu'une réduction de l'utilisation d'antibiotiques, des rechutes après traitement et des cas chroniques de BPI (McGuirk & Peek, 2014).

L'avantage principal de cette méthode de diagnostic, bien que relativement chronophage, réside dans sa simplicité d'utilisation. Cependant, aucune méthode de scoring n'est aujourd'hui reconnue comme méthode de référence (Buczinski & Pardon, 2020). Deux grilles de scoring sont couramment utilisées en pratique. Le score clinique Wisconsin, développé par McGuirk (McGuirk, 2008), repose sur cinq signes cliniques différents (écoulements oculaires, jetage nasal, toux spontanée ou induite, température rectale, position de la tête et des oreilles), chacun évalué selon une échelle à quatre niveaux de sévérité (Figure 9). En 2014, Love et al. mettent en place le système de scoring California (Love, et al., 2014), celui-ci nécessitant moins de manipulations des animaux et reposant sur six signes cliniques (les cinq utilisés dans le Wisconsin et la qualité respiratoire), caractérisés comme 'normal' ou 'anormal' (Figure 10). Les deux grilles se révèlent aussi efficaces l'une que l'autre pour détecter les BPI sur de jeunes veaux laitiers. La facilité d'utilisation et la moindre manipulation des animaux avec la méthode 'California' pourrait en faire une méthode plus accessible en ferme, notamment en élevage allaitant où la manipulation des animaux est plus délicate (Aly, et al., 2014).

Clinical sign	Score if normal	Score if abnormal (any severity) ²
Eye discharge	0 	2  Or  Or 
Nasal discharge	0 	4  Or  Or 
Ear droop or Head tilt	0 	5  Or  Or 
Cough	0 No cough	2 Spontaneous cough
Breathing	0 Normal	2 Rapid or difficult breathing
Temperature	0 < 102.5° F	2 ≥ 102.5° F

Add scores for all clinical signs, if total score is ≥ 5, calf may be positive for bovine respiratory disease

Figure 10 : Grille de scoring California, selon Love et al.

Les scores cliniques présentés ci-dessus ont été construits en se basant sur des populations de jeunes veaux, souvent en élevage laitier. Aucune grille de scoring n'existe à ce jour pour évaluer les maladies respiratoires chez les jeunes bovins, lesquels diffèrent des veaux de par leur âge, taille, poids, expressions cliniques, etc. De plus, ces grilles manquent de sensibilité et de spécificité, et sont souvent peu fiables d'un examinateur à un autre (Berman, et al., 2021).

L'objectif de ce travail est donc d'étudier l'intensité et la gravité des BPI en se basant sur les signes cliniques observés sur des JB sains et malades, afin de proposer, à terme, un système de scoring aidant à la prise de décision concernant la mise en place de traitements en élevage.

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

I- Cadre et objectifs de l'étude

Cette thèse d'exercice vétérinaire s'inscrit, de même que 6 autres, dans le projet MULTIPLAST. Celui-ci est associé à la thèse universitaire de Maud ROUAULT, au sein de l'unité mixte (Oniris – INRAE) de recherche BIOEPAR (Biologie, Epidémiologie et Analyse de Risque en santé animale), portant sur l'identification de marqueurs immunologiques et inflammatoires de susceptibilité et de gravité des pasteurelloses respiratoires chez les JB. Cette étude implique pour l'instant 7 étudiants vétérinaires : Louis Anthore, Charlotte Giraud, Marianne Guy et Alison Boffelli pour l'année scolaire 2022/2023, puis Lucile Hannappe, Juliette Divet et moi-même pour l'année 2023/2024. La récolte des données pour ce projet repose sur un essai terrain s'étendant de janvier 2023 à décembre 2023. L'objectif de ce travail est, à terme, d'aider à l'amélioration du diagnostic et du pronostic des maladies respiratoires des jeunes bovins en engraissement. Les données récoltées seront également utilisées dans deux autres projets :

- le projet SEPTIME, dont l'objectif est de concevoir un outil d'aide à la décision en couplant un modèle mécaniste de propagation des maladies respiratoires aux données d'outils connectés tels que des colliers,
- le projet INSATIABLE, qui a pour but d'établir des indicateurs de santé dans le cadre de la prévention des maladies respiratoires des JB, en combinant des données de son et d'images des lots d'animaux, d'images échographiques et de modèles mécanistes.

Différents partenaires sont intervenus dans cette étude terrain, à savoir l'Institut de l'Elevage (IDELE), et les coopératives agricoles TERRENA et BOVINEO.

Au total, neuf ateliers d'engraissement de JB des Pays de la Loire (8) et de Bretagne (1) ont été inclus dans l'étude. Dans chaque élevage, un à trois arrivages de trois lots ont été suivis sur une durée de quatre semaines, correspondant au premier mois d'engraissement après leur arrivée dans l'atelier. Les JB étaient équipés dès leur arrivée de colliers connectés. Les trois lots ont été examinés lors de la première manipulation, puis un lot sur les trois a été suivi de manière rapprochée (température rectale, prélèvements, échographies pulmonaires), une à deux fois par semaine. Deux fois par semaine, les trois lots de JB ont été observés à distance par les étudiants vétérinaires et/ou Maud Rouault.

Ce travail se base sur les données récoltées par nos prédécesseurs de janvier à juin 2023, ainsi que sur celles récoltées de septembre à décembre 2023.

L'objectif de ce travail de thèse est de définir et décrire l'intensité et la gravité des maladies respiratoires des jeunes bovins au cours du premier mois d'engraissement, en se basant sur les signes cliniques observables lors d'examens à distance.

II- Matériels et méthodes

A) Animaux, déroulement de l'étude

Le protocole expérimental de l'étude a été validé par le Comité d'Ethique pour la recherche d'Oniris (CERVO), sous le numéro d'agrément CERVO-2022-7-V.

Neuf élevages, recrutés au sein des coopératives TERRENA et BOVINEO, ont été inclus et suivis tout au long de l'étude. Parmi ceux-ci, huit sont localisés dans la région Pays de la Loire, et un en Bretagne. Tous les élevages devaient à minima avoir un atelier d'engraissement de JB, et les éleveurs s'engageaient à acheter des animaux aux périodes souhaitées, à savoir en hiver et au printemps 2023, puis à l'automne de la même année.

Des dispositifs de contentions adéquats étaient requis pour, d'une part, assurer la sécurité des animaux et des manipulateurs, et, d'autre part, permettre la réalisation des manipulations (notamment des échographies).

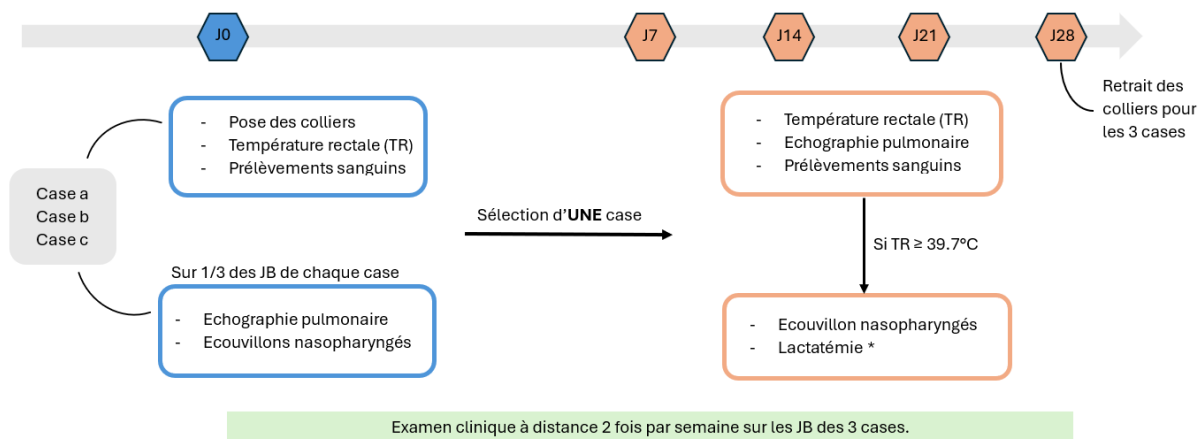
Tableau 1 : Caractéristiques des différentes mises en lot durant l'étude.

Elevage	Date de mise en lot	Nombre de JB par case
A	11/01/2023	12
	14/03/2023	12
	09/11/2023	12
B	08/02/2023	12
	22/03/2023	12
C	16/02/2023	5
	12/10/2023	5
D	19/01/2023	12
	06/04/2023	12
	02/11/2023	12
E	01/02/2023	9
	09/03/2023	8
	16/11/2023	9
F	26/01/2023	12
	20/04/2023	12
	12/10/2023	12
G	02/02/2023	12
	30/03/2023	12
H	09/03/2023	1 case (36 JB)
J	11/05/2023	2 cases de 11 et 1 case de 13

Dans chacun des élevages, un lot de 15 à 36 JB répartis en trois cases (sauf pour l'élevage H où tous les animaux étaient logés dans une unique case) était suivi pendant un mois après l'arrivée des animaux dans l'élevage. Les cases étaient jointives, avec possibilité de contact mufler à mufler entre les animaux des différentes cases. Les JB restaient dans le même bâtiment et dans la même case pendant les quatre semaines d'observation. Au total, trois lots ont été suivis dans

les élevages A, D, E et F, deux dans les élevages B, C et G, et un dans les élevages H et J (Tableau 1).

Le suivi pour chaque mise en lot se faisait sur 4 semaines à compter de la réception des bovins sur l'exploitation. Les JB étaient répartis en trois cases. Ils étaient tous examinés de manière rapprochée à J0 ou J1, avec prise de température rectale et prélèvements sanguins. Une échographie et un écouvillon naso-pharyngé profond (ENP) étaient réalisés sur un tiers des animaux de chaque case. Une case était sélectionnée pour le reste de l'étude, préférentiellement celle contenant le plus de JB malades à J0, devenant la case principalement suivie. Si aucune case ne contenait plus de malades qu'une autre, la case choisie était celle centrée sur la caméra et le micro, mis en place dans le cadre des études SEPTIME et INSATIABLE. Les JB de la case sélectionnée étaient ré-examinés de manière rapprochée à J5, J14, J21 et J28 (+/- 24-48h selon les disponibilités de l'éleveur). L'examen rapproché comprenait une prise de température, des prélèvements sanguins, une échographie pulmonaire, et un ENP et une mesure des lactates dans le cas où l'animal était considéré malade (comme d'fini ci-après). En parallèle, tous les animaux du lot mis en place, donc des trois cases, étaient observés à distance deux fois par semaine par les étudiants et/ou Maud Rouault, dans le but d'établir un score clinique (Figure 11).



* lactatémie recontrôlée lors de la manipulation suivante

Figure 11 : Design expérimental sur une mise en place de JB.

B) Examen, suivi clinique

1. Examen clinique rapproché

Un examen rapproché était réalisé à J0 ou J1 sur l'ensemble des animaux, puis une fois par semaine pendant quatre semaines sur le lot sélectionné.

a) Définition de l'animal malade

La température rectale était mesurée à l'aide du même thermomètre digital pour grands animaux (un par élevage pour des raisons de biosécurité). Il s'agissait du premier geste effectué, dès l'entrée de l'animal dans le système de contention, et ce afin d'éviter de mesurer des hyperthermies uniquement liées au stress de la contention.

L'animal était considéré malade dès lors que la température rectale égalait ou dépassait 39,7°C.

b) Echographie pulmonaire

Une échographie pulmonaire était réalisée sur un tiers des animaux de chaque case lors de la première manipulation à J0 ou J1, puis sur tous les animaux de la case sélectionnée lors des manipulations suivantes. Celle-ci était réalisée par le Dr ROUAULT, ou bien par les étudiants sous sa supervision et son contrôle.

i- Matériel, réglages

Les échographies étaient réalisées à l'aide d'un échographe Draminski iScan mini, muni d'une sonde linéaire. Les réglages utilisés lors des manipulations sont récapitulés dans le Tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Récapitulatifs des réglages de l'échographe.

	Valeur et unité
Fréquence	7 MHz
Profondeur	8 cm
Focus	2 cm
Gain global	7/10
Gamma	3
Dynamic	1

L'échographe était nettoyé et désinfecté à la fin de chaque jour de manipulation.

ii- Contention, zone d'observation

Les animaux étaient passés les uns à la suite des autres dans le système de contention de l'éleveur. Les hémithorax accessibles (le droit et le gauche pour les élevages A, C, D, F, G et J, le gauche seulement pour les élevages E et H, et le droit seulement pour l'élevage B) ont été

tondus lors de la première manipulation. La zone de tonte s'étendait sur toute la hauteur de l'aire de projection pulmonaire et sur une largeur d'environ 20 centimètres, en arrière de la scapula.

Cette zone permettait d'échographier les espaces inter-costaux (EIC) 4 et 5, correspondant aux EIC les plus crâniens accessibles sur des animaux de ce gabarit (Ollivett & Buczinski, 2016). La zone était aspergée d'alcool juste avant l'échographie afin de favoriser un meilleur contact entre la sonde et la peau de l'animal et donc de favoriser l'obtention d'une image de meilleure qualité.

L'aire étudiée était divisée en huit zones, présentées en Figure 12 et Figure 13. Les zones 1 et 2 correspondaient au 4ème EIC droit, les zones 3 et 4 au 5ème EIC droit, les zones 5 et 6 au 4ème EIC gauche, et les zones 7 et 8 au 5ème EIC gauche.

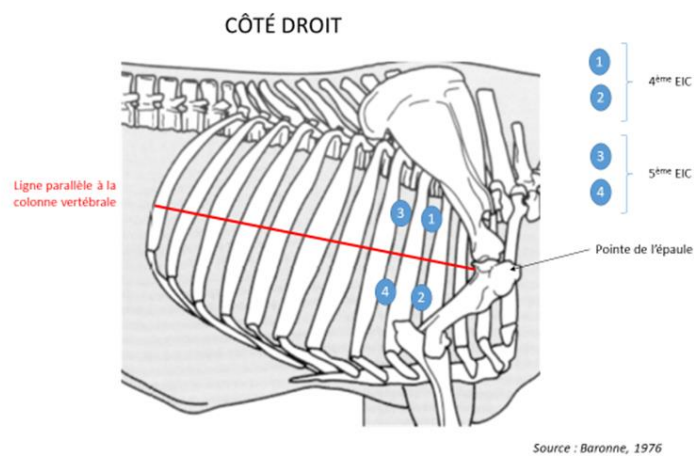


Figure 12 : Zones échographiées du côté droit de l'animal

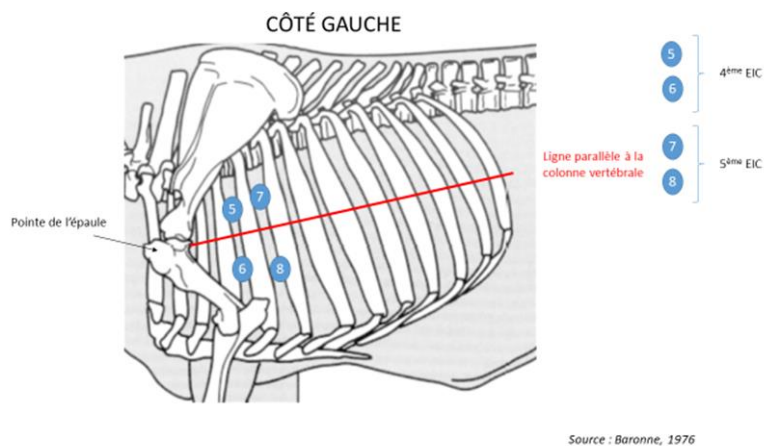


Figure 13 : Zones échographiées du côté gauche de l'animal

iii- Images échographiques anormales

Étaient considérées comme anormales les images échographiques révélant des consolidations (comme définies en Figure 4), d'un diamètre supérieur ou égal à 1 cm². Pour chaque zone échographiée à droite et à gauche de l'animal, ces lésions étaient notées sur une fiche de suivi, puis rentrées dans la base de donnée afin de différencier les animaux avec lésions des animaux sans lésion.

2. Examens cliniques à distance

L'intérêt de cette observation était d'assurer un suivi le plus objectif possible des JB. De plus, à chaque observation, les animaux présentant un état général diminué ou une atteinte respiratoire semblant importante étaient repérés et signalés à l'éleveur, qui décidait de mettre ou non un traitement en place.

Ces examens à distance ont été réalisés deux fois par semaine pendant le premier mois suivant la mise en lot, sur tous les animaux des trois cases. L'une de ces observations hebdomadaires était réalisée le même jour que l'examen clinique rapproché pour le lot sélectionné, avant ou après celle-ci. L'autre observation était réalisée à au moins 48 heures d'intervalle de la première.

L'observation se faisait sans l'éleveur, à distance des animaux depuis le couloir d'alimentation ou sur le bord des cases. Une feuille de travail, présentée en annexe 1, était remplie pour chaque animal. L'observation contenait notamment l'évaluation des signes cliniques généraux (atteinte générale absente, légère, sévère), via l'abatement selon le port de tête et des oreilles et la capacité à se lever, de la prise de nourriture (normale, diminuée, absente) et de l'état de réplétion du rumen (creux du flanc gauche creux, plat, rebondi).

La présence de jetage nasal et/ou d'écoulements oculaires étaient objectivés (présents ou absents), puis qualifiés par leur nature (séreux, muqueux ou purulents) et leur intensité (faible, modérée ou forte). De même, la toux était notée comme présente ou absente, puis comptée sur cinq minutes et qualifiée selon son intensité (faible ou forte).

Enfin, les mouvements respiratoires étaient décrits via leurs différentes composantes : la fréquence respiratoire (en mouvements par minutes), l'amplitude respiratoire (diminuée, normale, augmentée), le type de la respiration (costo-abdominale, costale, abdominale) et le rythme respiratoire (régulier ou irrégulier).

C) Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R® version 4.3.3 et RStudio® version 2023.12.3-402, sur l'ensemble des données récoltées en élevage sur les deux campagnes de collecte.

Dans ce travail de thèse, nous nous sommes principalement intéressés à la description des données cliniques des animaux, et à leur lien avec les bronchopneumonies infectieuses bovines. L'animal malade a alors été défini comme tel lors d'un examen clinique rapproché (avec une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C).

1. Echantillon étudié, bases de données

Deux bases de données (BDD) ont été utilisées dans l'analyse statistique. La première contenait les données obtenues lors des examens rapprochés. La seconde base de données contenait les données obtenues lors des observations à distance réalisées sur tous les animaux, représentant 5047 association jour / animal (jour_JB).

Dans ce travail de thèse, la définition de l'animal malade étant fondée sur l'examen rapproché, l'échantillon étudié est réduit aux JB ayant subi le même jour un examen rapproché et un examen à distance, afin de disposer des données de l'examen clinique rapproché et des données cliniques. Sont donc exclus de l'étude les animaux des cases non sélectionnées pour être suivies sur l'entièreté du mois, ainsi que les données récoltées lors de la première manipulation à J0 / J1, les animaux n'ayant alors pas été observés à distance. Après suppression des données partiellement ou entièrement manquantes, l'échantillon est donc composé de 817 observations, correspondant à 817 couples jour_JB.

2. Variables à expliquer

Pour caractériser l'animal malade, intensément malade, et gravement malade, différentes variables ont été créés dans la base de données de travail, regroupant les variables d'intérêt de notre étude.

a) Animal malade

La variable « Temperature » associait un jour_JB à une valeur qualifiant l'animal de sain ou de malade. Il s'agissait d'une variable qualitative à deux modalités, prenant la valeur « <39.7 » lorsque la température rectale de l'animal lors de l'examen rapproché était inférieure à 39,7°C (animal sain), ou « >= 39.7 » lorsque la température rectale était supérieure ou égale à 39,7°C (animal malade).

b) Animal intensément malade

Deux définitions de l'intensité de la maladie ont été proposées, suite à l'étude bibliographique.

i- Animal malade avec une température rectale très élevée

Un animal était qualifié d'intensément malade lorsqu'il présentait une température rectale supérieure ou égale à 40°C lors de l'examen rapproché. La variable «Intense_temperature» a été utilisée. C'est une variable qualitative à deux modalités, prenant la valeur «<40» lorsque la température rectale de l'animal lors de l'examen rapproché était inférieure à 40°C ou «>=40» lorsque la température rectale était supérieure ou égale à 40°C.

ii- Animal malade avec une atteinte pulmonaire (lésions échographiques)

Un animal était qualifié d'intensément malade lorsqu'il était malade à l'examen clinique rapproché et avait au moins une consolidation de diamètre supérieur ou égal à 1 cm² à l'échographie ce même jour. La variable alors utilisée était «Intense_lesion», variable qualitative à deux modalités prenant la valeur «oui» lorsque le jour_JB présentait des lésions échographiques lors de l'examen rapproché et «non» sinon.

c) Animal gravement malade

De la même manière, deux définitions ont été retenues pour qualifier la gravité de la maladie.

i- Animal malade deux fois ou plus

Un animal était qualifié de gravement malade lorsqu'il présentait une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C lors d'au moins deux examens rapprochés successifs. La variable «Grave_temperature», variable qualitative prenant la valeur oui lorsque le JB présentait une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C lors de deux examens successifs, «non» sinon, a été utilisée.

ii- Animal présentant des lésions échographiques deux fois ou plus

Un animal était qualifié de gravement malade lorsqu'il présentait des lésions de consolidations de diamètre supérieur ou égal à 1 cm² à l'examen échographique lors d'au moins deux examens rapprochés successifs. La variable alors utilisée était «Grave_lesion», variable qualitative à deux modalités prenant la valeur «oui» lorsque le JB présentait des lésions échographiques lors de deux examens successifs, «non» sinon.

Le tableau suivant (Tableau 3) résume les variables à expliquer :

Tableau 3 : Récapitulatif des caractéristiques des variables à expliquer.

Variable	Type de variable	Signification
Temperature	Qualitative	« < 39.7 » si la température rectale du jour_JB est inférieure à 39.7°C lors de l'examen rapproché, « ≥ 39.7 » sinon
Intense_temperature	Qualitative	« oui » si le jour_JB présente une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C ET des lésions échographiques lors de l'examen rapproché, « non » sinon
Intense_lesion	Qualitative	« < 40 » si la température rectale du jour_JB est inférieure à 40°C lors de l'examen rapproché, « ≥ 40 » sinon
Grave_temperature	Qualitative	« oui » si le jour_JB présente une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C lors d'au moins deux examens rapprochés successifs, « non » sinon
Grave_lesion	Qualitative	« oui » si le jour_JB présente des lésions échographiques lors d'au moins deux examens rapprochés successifs, « non » sinon

3. Variables explicatives

a) Variable de rang de prélèvement et d'élevage

Afin de s'affranchir de la variabilité des jours de prélèvement (qui pouvaient varier de 24 à 48h selon les élevages), une variable « Rang_prelev » a été créée, prenant des valeurs de 0 à 4. La valeur 0 correspondait au premier jour d'observation des animaux (J0 ou J1), la valeur 1 correspondait à J7 ± 2 jours, etc (Tableau 4).

Une variable « Elevage » a également été créée, associant chaque jour_JB a son élevage. Celle-ci prend donc la valeur « A », « B », « C », « D », « E », « F », « G », « H » ou « J » (Tableau 4).

b) Variables cliniques

Les données cliniques, récoltées lors des examens à distance des jour_JB, ont été utilisées pour créer des variables décrivant ces données. Celles-ci portaient sur la toux (« Toux » et « Toux_5min »), sur l'aspect du creux du flanc (« Creux_flanc »), sur les écoulements oculaires (« Ecoulements_ocu »), sur la nature et la quantité du jetage (« Jetage », « Nature_jetage », « Quantite_jetage », et « Jet_nat_qtt »), sur la fréquence respiratoire (« Frequence_respi » et « Fr_category »), et sur l'abattement (« Abattement » et « Abattement_ouinon »). Les caractéristiques de ces variables sont détaillées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Récapitulatif des caractéristiques des variables explicatives.

Variable	Type de variable	Signification
Toux	Qualitative	« presente » si le jour_JB a présenté de la toux au cours de l'examen à distance, « absente » sinon
Toux_5min	Quantitative discrète	Nombre de toux du jour_JB comptabilisées sur 5 minutes d'observation
Creux_flanc	Qualitative	« rebondi » si le jour_JB présente un flanc rebondi, « plat » si le flanc est plat, « creux » s'il est creux
Ecoulements_ocu	Qualitative	« presents » si le jour_JB présente des écoulements oculaires, « absents » sinon
Jetage	Qualitative	« present » si le jour_JB présente du jetage, « absent » sinon
Nature_jetage	Qualitative	« sereux » si le jetage observé est séreux, « muqueux » s'il est muqueux, « purulent » s'il est purulent
Quantite_jetage	Qualitative	« faible », « moderee » ou « forte », selon la quantité de jetage observée
Jet_nat_qtt	Qualitative	« absent » si le jour_JB ne présente pas de jetage, « sereux_faible », « sereux_moderee », « sereux_forte », « muqueux_faible », « muqueux_moderee », « muqueux_forte », « purulent_faible », « purulent_moderee », « purulent_forte » selon la nature et la quantité de jetage observé
Frequence_respi	Quantitative discrète	Fréquence respiratoire du jour_JB, en mouvements par minute
Fr_category	Qualitative	« < 40 » si le jour_JB présente une fréquence respiratoire inférieure à 40 mouvements par minutes, « >= 40 » sinon
Abattement	Qualitative	« absent » si le jour_JB ne présente pas d'abattement, « leger » si l'abattement est léger, « severe » s'il est sévère
Abattement_ouinon	Qualitative	« oui » si le jour_JB présente un abattement (qu'il soit léger ou sévère), « non » sinon
Elevage	Qualitative	Lettre identifiant l'élevage du jour_JB (A, B, C, D, E, F, G, H ou J)
Rang_prelev	Qualitative	Associe le numéro de la manipulation au jour_JB (0, 1, 2, 3 ou 4)

4. Tests et modèles statistiques

Des modèles de régression logistique, avec un effet aléatoire sur l'élevage, ont été utilisés, dans le but de mesurer l'association entre la survenue d'un évènement et les facteurs susceptibles de l'influencer, c'est-à-dire l'association entre la variable à expliquer et les variables explicatives.

Les variables à expliquer décrites ci-dessus ont été transformées en variables numériques binaires (1/0) pour l'étude. Pour les variables quantitatives (« Toux » et « Frequence_respi », une analyse préalable a été réalisée afin de pouvoir proposer des critères utilisables, à terme, sur le terrain. Pour ce faire, des courbes de ROC et indices de Youden ont été utilisés dans le but de définir des seuils sur ces variables, avec les meilleures spécificités et sensibilités possibles pour diagnostiquer un animal malade.

A l'aide d'un tableau croisé entre la variable à expliquer et chaque variable explicative, les effectifs ont été vérifiés. En cas d'effectif nul dans l'une des catégories, la variable explicative était transformée de sorte à regrouper les catégories de cette variable (par exemple, la variable « Abattement », initialement décrite en trois modalités, a été parfois transformée en variable « Abattement_ouinon », en deux modalités), ou supprimée du modèle si ce n'était pas possible.

Ensuite, chaque variable explicative était testée dans un modèle univarié, de sorte à ne conserver que les variables pour lesquelles la p-value était inférieure ou égale à 0,20 dans la suite de l'analyse. L'absence de colinéarité entre les variables était ensuite vérifiée.

Le modèle final était ainsi élaboré avec les variables résultantes des analyses univariées. Une sélection pas à pas descendante était enfin réalisée, en supprimant du modèle les variables avec une p-value supérieure à 0,05, tout en vérifiant que les rapports des estimés ne bougeaient pas de plus de 20%. Si tel était le cas, la variable non significative était gardée dans le modèle final. Les résultats étaient obtenus sous forme de tableau d'odds ratio (OR), associés à leur intervalle de confiance à 95% (IC). L'interprétation se fait en considérant non seulement l'OR, mais également l'IC.

Le modèle était enfin validé par vérification de la distribution des résidus de déviance pour détecter des valeurs aberrantes, ces résidus devant se trouver dans l'intervalle [-2 ; 2].

TROISIEME PARTIE : RESULTATS

I) Description de l'échantillon étudié

Les mises en lot ont eu lieu au printemps et à l'automne 2023, avec des protocoles de vaccination et d'antibioprophylaxie variables selon les élevages et les mises en place. Le poids des JB à leur arrivée variait entre 195 kg et 482 kg, pour une moyenne de $320 \pm 49,7$ kg. Les animaux arrivaient dans les élevages à un âge moyen de 263 ± 57 jours (Tableau 5).

Tableau 5 : Caractéristiques des animaux inclus dans l'étude générale.

Elevage	Manip	Date de mise en lot	Poids moyen (kg)	Age moyen (j)	Nombre de JB par case	Vaccination / traitements
A	Mp1	11/01/23	332	272	12	Bovalto®
A	Mp2	14/03/23	306	244	12	Bovalto®
A	Mp3	09/11/23	356	243	12	Bovalto®
B	Mp1	08/02/23	294	274	12	/
B	Mp2	22/03/23	271	257	12	/
C	Mp1	16/02/23	247	271	5	Rispoval IN®, Bravoxin®, Bovilis bovigrip®
C	Mp2	12/10/23	253	249	5	Rispoval IN®, Bovilis bovigrip®
D	Mp1	19/01/23	366	289	12	Bravoxin®, Bovilis bovigrip® Zuprevo® à la mise en lot
D	Mp2	06/04/23	287	212	12	Bravoxin®, Bovilis bovigrip® Zuprevo® à la mise en lot
D	Mp3	02/11/23	324	233	12	Bravoxin®, Bovilis bovigrip® Zuprevo® à la mise en lot
E	Mp1	01/02/23	381	307	9	Coglavax®, Bovilis bovigrip® Zuprevo® à la mise en lot
E	Mp2	09/03/23	274	242	8	Coglavax®, Bovilis bovigrip® Zuprevo® à la mise en lot
E	Mp3	16/22/23	322	240	9	Bravoxin®, Bovilis bovigrip® Zuprevo® à la mise en lot
F	Mp1	26/01/23	316	319	12	Rispoval IN®, Bovilis bovigrip®
F	Mp2	20/04/23	300	247	12	Bravoxin®, Bovilis bovigrip®
F	Mp3	12/10/23	384	257	12	Bravoxin®, Bovilis bovigrip®
G	Mp1	02/02/23	381	312	12	/
G	Mp2	30/03/23	377	338	12	Bovilis bovigrip®
H	Mp1	09/03/23	302	212	1 case, 36 JB	Bovalto®, Rispoval IN®
J	Mp1	11/05/23	326	242	2 cases de 11, 1 case de 13	Bovalto®, Rispoval IN®

Les animaux inclus dans l'étude générale étaient des JB de race charolaise et limousine en majorité, ainsi que des croisés (Figure 14).

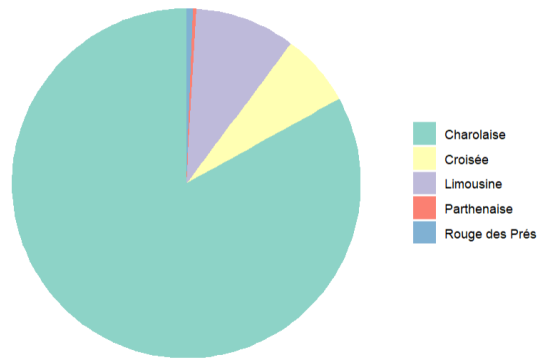


Figure 14 : Répartition des profils raciaux des JB inclus dans l'étude générale.

II) Description des animaux malades, intensément malades ou gravement malades, et des signes cliniques observés

A) Description des animaux malades

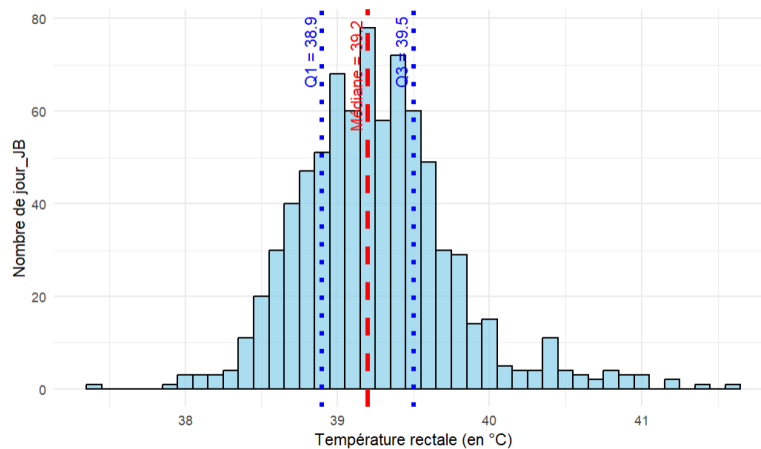


Figure 15 : Distribution des valeurs de températures rectales mesurées lors des examens rapprochés.

Les températures rectales mesurées sur les jour_JB lors des examens rapprochés s'étendaient de 37.4°C à 41.6°C, avec une médiane à 39.2°C (Figure 15). Sur l'ensemble de l'échantillon étudié, on observe 18% des couples jour_JB présentant une température supérieure ou égale à 39.7°C, soit 18% de jour_JB considérés malades au cours de l'étude (Figure 16).

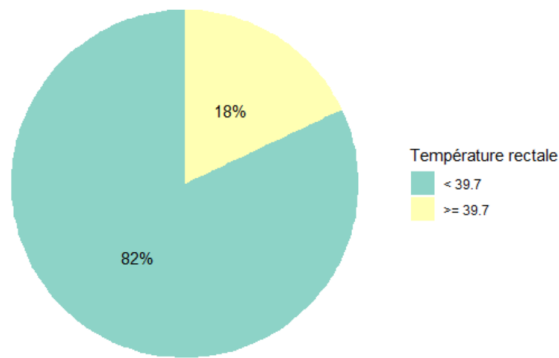


Figure 16 : Pourcentage des jour_JB présentant une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C.

B) Description de l'animal intensément ou gravement malade

1. Animal intensément malade

Selon la première définition utilisée pour décrire l'animal intensément malade (jour_JB ayant présenté une température rectale supérieure ou égale à 40°C au cours de l'examen rapproché), 9% de l'échantillon étudié, soit 70 jour_JB, sont considérés intensément malades dans l'étude (Figure 17).

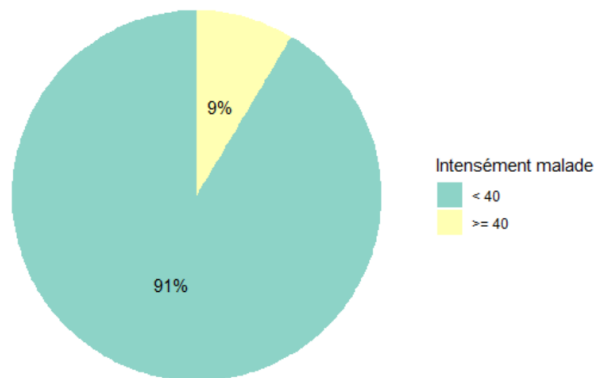


Figure 17 : Pourcentages de jour_JB ayant présenté une température rectale supérieure ou égale à 40°C lors de l'examen rapproché

Selon la seconde définition utilisée pour décrire l'animal intensément malade (jour_JB ayant présenté une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C ainsi que des lésions de consolidations de diamètre supérieur ou égal à 1 cm² de diamètre à l'échographie au cours de l'examen rapproché), 6% de l'échantillon étudié, soit 45 jour_JB sont considérés intensément malades dans l'étude (Figure 18).

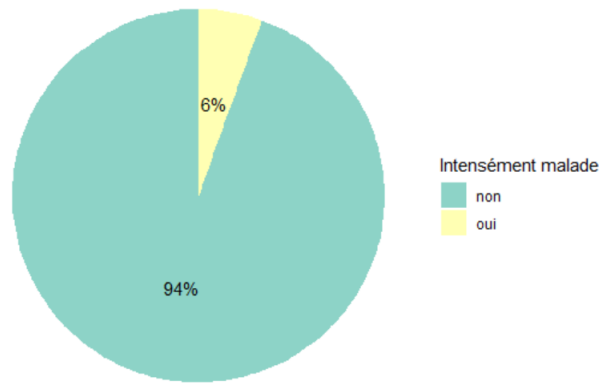


Figure 18 : Pourcentages de jour_JB ayant présenté une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C ET des lésion échographiques à l'examen rapproché.

Au total, seuls 26 jour_JB sont considérés malades et avec la première définition, et avec la seconde.

2. Animal gravement malade

Selon la première définition utilisée pour caractériser l'animal gravement malade (JB ayant présenté une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C lors d'au moins deux examens rapprochés successifs), 14% de l'échantillon étudié est considéré gravement malade dans l'étude (Figure 19).

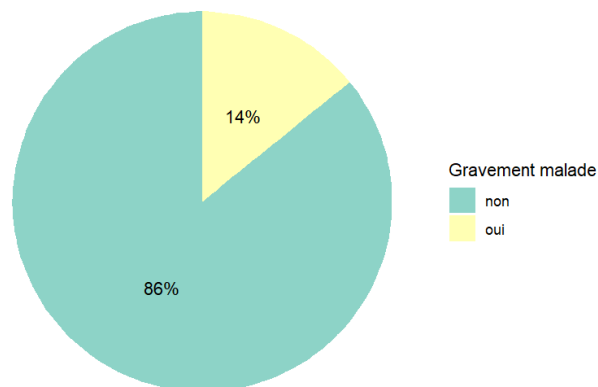


Figure 19 : Pourcentage de JB ayant présenté une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C au moins deux fois consécutives dans l'étude.

Selon la seconde définition utilisée (JB ayant présenté des lésions échographiques de consolidation d'au moins un cm² de diamètre lors d'au moins deux examens rapprochés successifs), 16% de l'échantillon étudié est considéré gravement malade dans l'étude (Figure 20).

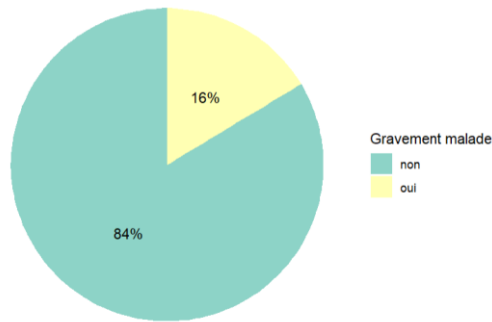


Figure 20 : Pourcentage de JB ayant présenté des lésions échographiques au moins deux fois consécutives dans l'étude.

Au total, seuls 14 jour_JB sont considérés malades et avec la première définition, et avec la seconde.

C) Description des signes cliniques

1. Description de la toux

Sur les 817 jour_JB, 24,3% des animaux sains, dont la température rectale était inférieure à 39,7°C, ont présenté de la toux (Tableau 6). Ces animaux ont présenté en moyenne 2,6 toux sur 5 minutes (Figure 21). En opposition, chez les malades, c'est-à-dire les animaux présentant une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C, 29,3% ont présenté de la toux (Tableau 6), avec une moyenne de 3,53 toux sur 5 minutes (Figure 22).

Tableau 6 : Pourcentages de jour_JB ayant présenté de la toux chez les sains et les malades.

	Toux présente	Toux absente
Sains (TR < 39,7°C)	24,3%	75,7%
Malades (TR ≥ 39,7°C)	29,3%	70,7%

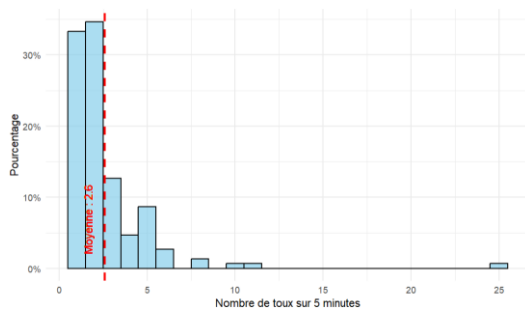


Figure 21 : Nombre de toux comptabilisées sur 5 minutes chez les jour_JB sains (température rectale < 39,7°C à l'examen rapproché).

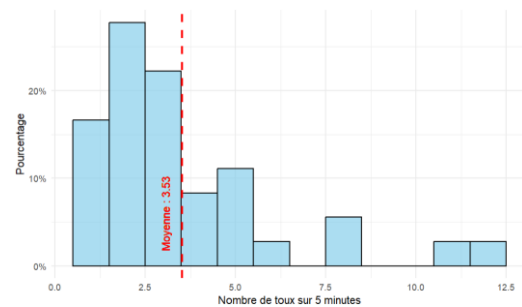


Figure 22 : Nombre de toux comptabilisées sur 5 minutes chez les jour_JB malades (température rectale ≥ 39,7°C à l'examen rapproché)

2. Description de la respiration

Chez les jour_JB sains, la fréquence respiratoire des animaux était observée entre 16 et 120 mouvements par minute (MPM), pour une moyenne de $36,7 \pm 12,1$ MPM. Les jour_JB malades présentaient quant à eux des fréquences respiratoires minimale et maximale plus élevées (respectivement, 16 et 134 MPM), pour une moyenne de $42,1 \pm 14,8$ MPM (Tableau 7).

Tableau 7 : Description des fréquences respiratoires (FR) observées chez les jour_JB sains et malades lors de l'examen à distance, en mouvements par minute (MPM).

	FR minimale (en MPM)	FR maximale (en MPM)	FR moyenne (en MPM)	FR médiane (en MPM)
Sains (TR < 39,7°C)	16	120	37	36
Malades (TR >= 39,7°C)	20	134	42	40

3. Description du jetage

Sur l'échantillon étudié, près de 37% des jour_JB sains ont présenté du jetage (peu importe la nature ou la quantité de celui-ci), contre 41,5% des jour_JB malades (Tableau 8).

Tableau 8 : Pourcentages de jour_JB ayant présenté du jetage chez les sains et les malades.

	Jetage présent	Jetage absent
Sains (TR < 39,7°C)	36,9%	63,1%
Malades (TR ≥ 39,7°C)	41,5%	58,5%

Chez les jour_JB sains, la majorité du jetage observé était de nature séreuse (63%), en faible ou moyenne quantité. On observe également 31% de jetage muqueux, et 16% de jetage purulent. Chez les jour_JB malades, on observe plus de jetage de nature purulente (27%), en quantité plus importante également. 29% des malades ayant présenté du jetage ont présenté un jetage muqueux, et 44% un jetage séreux. 16% des jour_JB malades ayant présenté du jetage en ont présenté en forte quantité, contre 3% chez les jour_JB sains (Figure 23).

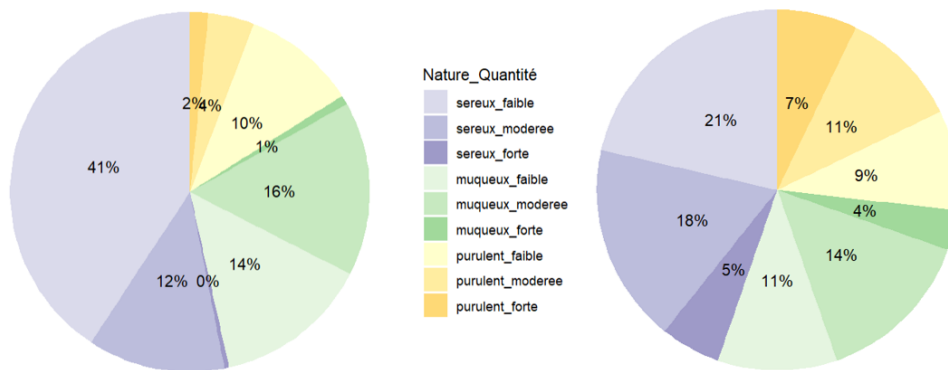


Figure 23 : Nature et quantité du jetage observé sur les jour_JB sains ayant présenté du jetage (à gauche), et sur les jour_JB malades ayant présenté du jetage (à droite).

4. Description de l'abattement

Peu de jour_JB ont présenté de l'abattement sur l'étude. Chez les jour_JB sains, 1% a présenté un abattement léger, contre 4% chez les jour_JB malades. Chez ces derniers, 1% a également présenté un abattement sévère (Figure 24).

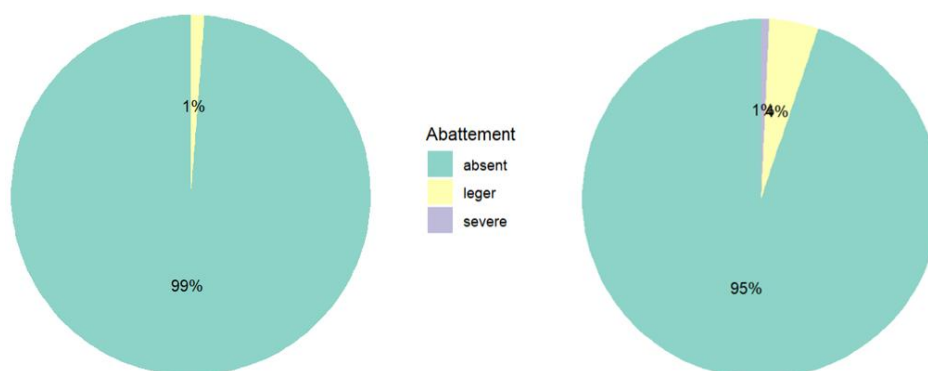


Figure 24 : Abattement observé sur les jour_JB sains (à gauche) et sur les jour_JB malades (à droite).

5. Description de l'aspect du creux du flanc

Chez les jour_JB sains, on observe 37% des individus avec un flanc rebondi, contre 31% chez les jour_JB malades. Dans les deux catégories, la majorité des jour_JB présentait un flanc plat, avec 57% chez les jour_JB sains, et 54% chez les malades. Cependant, seuls 6% des jour_JB sains ont présenté un flanc creux, contre 15% des malades (Figure 25).

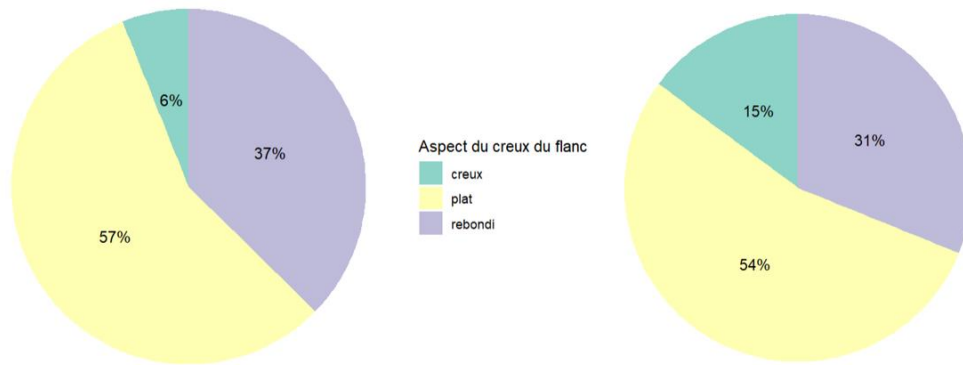


Figure 25 : Aspect du creux du flanc observé sur les jour_JB sains (à gauche) et sur les jour_JB malades (à droite).

6. Description des écoulements oculaires

Sur l'ensemble de l'étude, seuls 30 jour_JB sur les 817 étudiés ont présentés des écoulements oculaires. La grande majorité d'entre eux, soit 29, présentait une température rectale inférieure à 39,7°C. Un seul jour_JB présentant une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C a présenté des écoulements oculaires (Tableau 9).

Tableau 9 : Pourcentages des jour_JB ayant présenté des écoulements oculaires chez les sains et les malades.

	Écoulements oculaires présents	Écoulements oculaires absents
Sains (TR < 39,7°C)	4,3%	95,7%
Malades (TR ≥ 39,7°C)	0,7%	99,3%

Le jour_JB malade a présenté des écoulements oculaires séreux en faible quantité. Chez les jour_JB sains ayant présenté des écoulements oculaires, ceux-ci étaient de nature séreuse, en quantité faible dans 76% des cas, modérée dans 21% des cas, et forte dans 3% des cas (Figure 26).

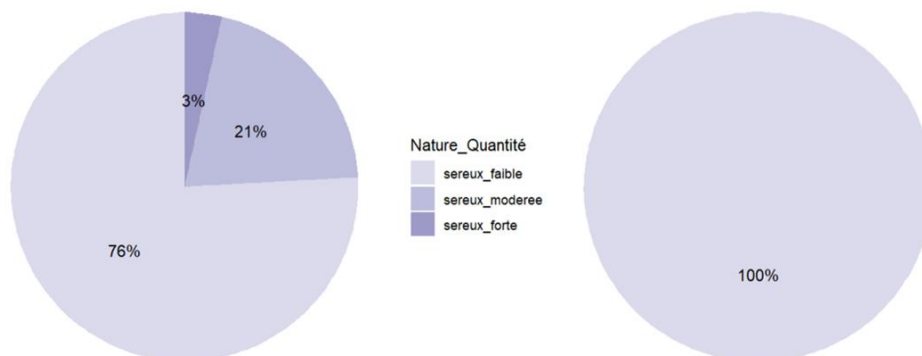


Figure 26 : Nature et quantité des écoulements oculaires sur les jour_JB sains ayant présenté des écoulements (à gauche), et sur les jour_JB malades ayant présenté des écoulements (à droite).

7. Description de la prise de nourriture

La prise de nourriture est un critère qui s'est révélé difficile à évaluer sur le terrain. Les observations étant limitées dans le temps, il était impossible d'observer le comportement alimentaire de tous les jour_JB à l'auge. Dans la majorité des cas, chez les sains comme les malades, la prise de nourriture n'était pas évaluée (55% et 62% respectivement). Elle était normale chez tous les jour_JB observés à l'auge (Figure 27).

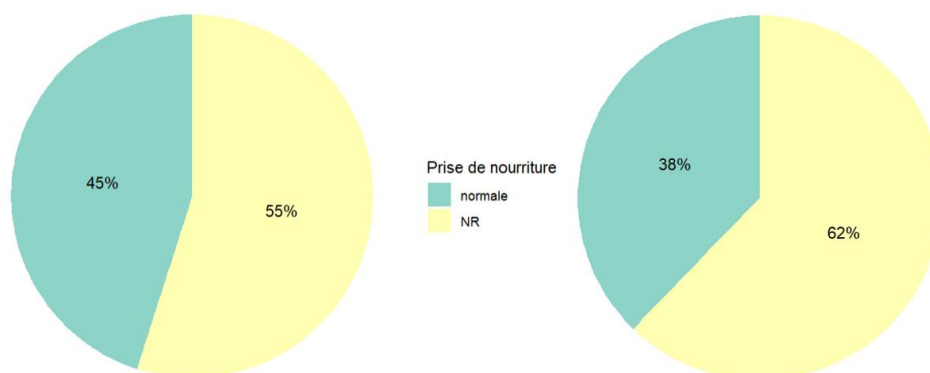


Figure 27 : Prise de nourriture observée chez les jour_JB sains (à gauche) et chez les jour_JB malades (à droite).

Le paramètre n'ayant pas pu être observé pour plus de la moitié des jour_JB, la variable concernant la prise de nourriture n'a pas été conservée dans l'analyse statistique.

8. Description des lésions échographiques

Sur l'ensemble de l'échantillon, un unique jour_JB n'a pas été échographié lors de son examen rapproché. Chez les jour_JB sains, 13% ont présentés des lésions échographiques de consolidation de diamètre supérieur ou égal à 1 cm², contre 31% des jour_JB malades (Figure 28).



Figure 28 : Présence ou absence de lésions échographiques de consolidation chez les jour_JB sains (à gauche) et chez les jour_JB malades (à droite).

III) Sélection et modification des variables relatives aux signes cliniques

A) Toux et fréquence respiratoire

Afin d'évaluer l'influence de la toux et de la fréquence respiratoire (variables quantitatives), des courbes de ROC et indices de Youden ont été utilisés pour déterminer les meilleurs seuils.

Pour la toux, le meilleur seuil fut établi à 0,5 toux sur 5 minutes (Figure 29, Tableau 10). Ainsi, la variable conservée pour le modèle de régression logistique est la variable qualitative « Toux », qui prend les valeurs « absente » ou « présente ».

Pour la fréquence respiratoire, le meilleur seuil fut établi à 39 mouvements par minute (Figure 30, Tableau 10). Il a donc été choisi de prendre le seuil de 40 MPM, plus cohérent avec la méthode de mesure de la fréquence respiratoire sur le terrain. Ainsi, la variable utilisée dans l'analyse est la variable qualitative « Fr_category », qui prend les valeurs « < 40 » ou « >= 40 ».

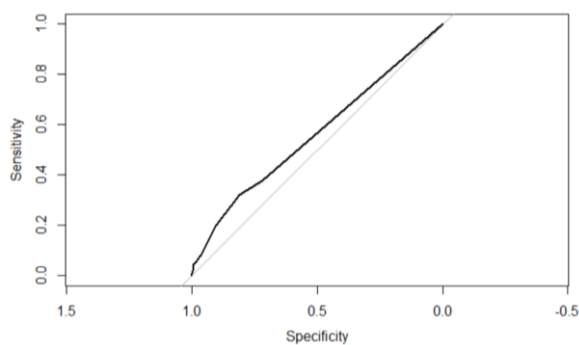


Figure 29 : Courbe de ROC de la variable « Toux_5min ».

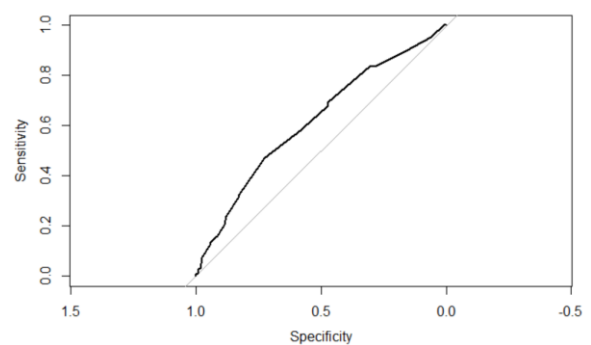


Figure 30 : Courbe de ROC de la variable « Frequence_respi ».

Tableau 10 : Seuil, sensibilité, spécificité et indice de Youden obtenus via les courbes de ROC pour les variables « Toux_5min » et « Frequence_respi ».

	Meilleur seuil	Sensibilité	Spécificité	Indice de Youden
Toux_5min	0,5 toux sur 5 minutes	0,37	0,72	0,10
Frequence_respi	39 mouvements par minute	0,56	0,60	0,17

B) Jetage et écoulements oculaires

Sur l'ensemble de l'étude, 320 jour_JB ont présenté du jetage, soit 39,2% d'entre eux. Comme montré sur le Figure 23, toutes les catégories de combinaison nature / quantité sont représentées. Ainsi, la variable « Jet_nat_qtt » est conservée pour l'analyse statistique, avec de légères modifications de catégories en cas d'effectif nul dans l'une d'entre elles.

En opposition, seuls 3,7% des jour_JB, soit 30 d'entre eux, ont présenté des écoulements oculaires. De plus, comme montré dans la Figure 26, ceux-ci étaient exclusivement de nature séreuse, et la majorité du temps en quantité faible. Il a ainsi été décidé de s'affranchir des notions de nature et de quantité et d'utiliser la variable « Ecoulements_ocu » dans l'analyse statistique, laquelle prend uniquement les valeurs « absente » ou « présente ».

C) Abattement et creux du flanc

Selon la définition utilisée (animal malade, intensément malade, gravement malade), des effectifs nuls pouvaient apparaître dans certaines catégories. Ainsi, la variable « Abattement » a soit été utilisée en l'état, soit transformée en « Abattement_ouinon », variable qualitative prenant la valeur « présent » lorsque l'abattement était léger ou sévère, « absent » si le jour_JB ne présentait pas d'abattement.

La variable « Creux_flanc » a quant à elle pu être utilisée en l'état, avec ses trois catégories (rebondi, plat, creux).

IV) Association entre les signes cliniques et les différentes définitions d'animal malade, intensément malade ou gravement malade

A) Animal malade

La première analyse des effectifs des variables explicatives selon la variable « Temperature » révèle un effectif nul pour la variable « Abattement » (Tableau 11). Celle-ci est donc modifiée en variable « Abattement_ouinon » (Tableau 12).

Tableau 11 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Temperature ».

Characteristic	0, N = 670 [†]	1, N = 147
abattement		
absent	662 (99%)	137 (93%)
leger	8 (1.2%)	9 (6.1%)
severe	0 (0%)	1 (0.7%)
creux_flanc		
rebondi	248 (37%)	46 (31%)
plat	381 (57%)	81 (55%)
creux	41 (6.1%)	20 (14%)
toux		
absente	507 (76%)	104 (71%)
presente	163 (24%)	43 (29%)
ecoulements_ocu		
absents	641 (96%)	146 (99%)
présents	29 (4.3%)	1 (0.7%)
jet_nat_qtt		
absent	416 (62%)	81 (55%)
sereux_faible	102 (15%)	14 (9.5%)
sereux_moderee	30 (4.5%)	10 (6.8%)
sereux_forte	1 (0.1%)	3 (2.0%)
muqueux_faible	39 (5.8%)	7 (4.8%)
muqueux_moderee	38 (5.7%)	8 (5.4%)
muqueux_forte	2 (0.3%)	2 (1.4%)
purulent_faible	28 (4.2%)	12 (8.2%)
purulent_moderee	10 (1.5%)	6 (4.1%)
purulent_forte	4 (0.6%)	4 (2.7%)
fr_category		
< 40	406 (61%)	64 (44%)
>= 40	264 (39%)	83 (56%)

[†] n (%)

Tableau 12 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Temperature ».

Characteristic	0, N = 670 [†]	1, N = 147 [†]
creux_flanc		
rebondi	248 (37%)	46 (31%)
plat	381 (57%)	81 (55%)
creux	41 (6.1%)	20 (14%)
toux		
absente	507 (76%)	104 (71%)
presente	163 (24%)	43 (29%)
ecoulements_ocu		
absents	641 (96%)	146 (99%)
présents	29 (4.3%)	1 (0.7%)
jet_nat_qtt		
absent	416 (62%)	81 (55%)
sereux_faible	102 (15%)	14 (9.5%)
sereux_moderee	30 (4.5%)	10 (6.8%)
sereux_forte	1 (0.1%)	3 (2.0%)
muqueux_faible	39 (5.8%)	7 (4.8%)
muqueux_moderee	38 (5.7%)	8 (5.4%)
muqueux_forte	2 (0.3%)	2 (1.4%)
purulent_faible	28 (4.2%)	12 (8.2%)
purulent_moderee	10 (1.5%)	6 (4.1%)
purulent_forte	4 (0.6%)	4 (2.7%)
fr_category		
< 40	406 (61%)	64 (44%)
>= 40	264 (39%)	83 (56%)
abattement_ouinon		
absent	662 (99%)	137 (93%)
léger ou sévère	8 (1.2%)	10 (6.8%)

[†] n (%)

Tableau 13 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Temperature ».

Characteristic	OR ¹	95% CI ¹	p-value
jet_nat_qtt			0.003
absent	—	—	
sereux_faible	0.58	0.31, 1.09	
sereux_moderee	1.46	0.66, 3.21	
sereux_forte	11.0	1.06, 113	
muqueux_faible	0.76	0.32, 1.80	
muqueux_moderee	0.89	0.38, 2.08	
muqueux_forte	6.13	0.81, 46.5	
purulent_faible	1.95	0.91, 4.18	
purulent_moderee	3.67	1.24, 10.8	
purulent_forte	5.28	1.18, 23.7	
abattement_ouinon			<0.001
absent	—	—	
léger ou sévère	5.76	2.09, 15.9	
fr_category			0.004
< 40	—	—	
>= 40	1.79	1.21, 2.66	

¹ OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval

De manière générale, le jetage, l'abattement et la fréquence respiratoire étaient significativement associés au fait d'être malade ou non pour les jour_JB.

De manière plus précise pour le jetage, les catégories ayant un effet significatif (avec un odd ratio supérieur à 1, et 1 qui n'est pas contenu dans l'intervalle de confiance) correspondaient à la présence d'un jetage purulent, qu'il soit en quantité modérée ou forte, ou séreux en forte quantité (Tableau 13).

B) Animal intensément malade

1. Animal présentant une température rectale supérieure ou égale à 40°C

Tableau 14 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Intense_temperature ».

Characteristic	0, N = 747 [†]	1, N = 70 [†]
abattement		
absent	737 (99%)	62 (89%)
leger	10 (1.3%)	7 (10%)
severe	0 (0%)	1 (1.4%)
creux_flanc		
rebondi	277 (37%)	17 (24%)
plat	419 (56%)	43 (61%)
creux	51 (6.8%)	10 (14%)
toux		
absente	563 (75%)	48 (69%)
presente	184 (25%)	22 (31%)
ecoulements_ocu		
absents	717 (96%)	70 (100%)
présents	30 (4.0%)	0 (0%)
jet_nat_qtt		
absent	468 (63%)	29 (41%)
sereux_faible	105 (14%)	11 (16%)
sereux_moderee	36 (4.8%)	4 (5.7%)
sereux_forte	2 (0.3%)	2 (2.9%)
muqueux_faible	41 (5.5%)	5 (7.1%)
muqueux_moderee	39 (5.2%)	7 (10%)
muqueux_forte	4 (0.5%)	0 (0%)
purulent_faible	33 (4.4%)	7 (10%)
purulent_moderee	15 (2.0%)	1 (1.4%)
purulent_forte	4 (0.5%)	4 (5.7%)
fr_category		
< 40	446 (60%)	24 (34%)
>= 40	301 (40%)	46 (66%)

[†] n (%)

Tableau 15 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Intense_temperature ».

Characteristic	0, N = 747 [†]	1, N = 70 [†]
creux_flanc		
rebondi	277 (37%)	17 (24%)
plat	419 (56%)	43 (61%)
creux	51 (6.8%)	10 (14%)
toux		
absente	563 (75%)	48 (69%)
presente	184 (25%)	22 (31%)
jet_nat_qtt		
absent	468 (63%)	29 (41%)
sereux_faible	105 (14%)	11 (16%)
sereux_moderee	36 (4.8%)	4 (5.7%)
sereux_forte	2 (0.3%)	2 (2.9%)
muqueux_faible	41 (5.5%)	5 (7.1%)
muqueux_moderee_ou_forte	43 (5.8%)	7 (10%)
purulent_faible	33 (4.4%)	7 (10%)
purulent_moderee	15 (2.0%)	1 (1.4%)
purulent_forte	4 (0.5%)	4 (5.7%)
fr_category		
< 40	446 (60%)	24 (34%)
>= 40	301 (40%)	46 (66%)
abattement_ouinon		
absent	737 (99%)	62 (89%)
léger ou sévère	10 (1.3%)	8 (11%)

[†] n (%)

La vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Intense_temperature » révèle des effectifs nuls au sein des variables « Jet_nat_qtt », « Abattement » et « Ecoulements_ocu » (Tableau 14), entraînant la modification des deux premières et la suppression de la dernière dans le modèle (Tableau 15).

Tableau 16 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Intense_temperature ».

Characteristic	OR ¹	95% CI ¹	p-value
abattement_ouinon			<0.001
absent	—	—	
léger ou sévère	7.95	2.68, 23.6	
fr_category			0.006
< 40	—	—	
>= 40	2.22	1.26, 3.90	
jet_nat_qtt			0.005
absent	—	—	
sereux_faible	1.46	0.68, 3.14	
sereux_moderee	1.53	0.49, 4.82	
sereux_forte	12.8	1.54, 106	
muqueux_faible	1.58	0.56, 4.42	
muqueux_moderee_ou_forte	2.46	0.94, 6.38	
purulent_faible	3.14	1.17, 8.42	
purulent_moderee	1.31	0.16, 10.5	
purulent_forte	19.4	3.93, 95.6	

¹ OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval

De manière générale, le jetage, l'abattement, et la fréquence respiratoire étaient significativement associés au fait d'être intensément malade ou non pour les jour_JB.

De manière plus précise pour le jetage, les catégories ayant un effet significatif correspondaient à la présence d'un jetage sévère en forte quantité ou purulent en faible ou forte quantité (Tableau 16).

2. Animal malade présentant des lésions de consolidation à l'échographie

Tableau 17 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable «Intense_lesion ».

Characteristic	0, N = 772 [†]	1, N = 45 [†]
abattement		
absent	761 (99%)	38 (84%)
leger	11 (1.4%)	6 (13%)
severe	0 (0%)	1 (2.2%)
creux_flanc		
rebondi	284 (37%)	10 (22%)
plat	438 (57%)	24 (53%)
creux	50 (6.5%)	11 (24%)
toux		
absente	582 (75%)	29 (64%)
presente	190 (25%)	16 (36%)
ecoulements_ocu		
absents	743 (96%)	44 (98%)
présents	29 (3.8%)	1 (2.2%)
jet_nat_qtt		
absent	475 (62%)	22 (49%)
sereux_faible	111 (14%)	5 (11%)
sereux_moderee	39 (5.1%)	1 (2.2%)
sereux_forte	2 (0.3%)	2 (4.4%)
muqueux_faible	40 (5.2%)	6 (13%)
muqueux_moderee	43 (5.6%)	3 (6.7%)
muqueux_forte	4 (0.5%)	0 (0%)
purulent_faible	35 (4.5%)	5 (11%)
purulent_moderee	16 (2.1%)	0 (0%)
purulent_forte	7 (0.9%)	1 (2.2%)
fr_category		
< 40	456 (59%)	14 (31%)
>= 40	316 (41%)	31 (69%)

[†] n (%)

Tableau 18 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Intense_lesion ».

Characteristic	0, N = 772 [†]	1, N = 45 [†]
creux_flanc		
rebondi	284 (37%)	10 (22%)
plat	438 (57%)	24 (53%)
creux	50 (6.5%)	11 (24%)
toux		
absente	582 (75%)	29 (64%)
presente	190 (25%)	16 (36%)
ecoulements_ocu		
absents	743 (96%)	44 (98%)
présents	29 (3.8%)	1 (2.2%)
jet_nat_qtt		
absent	475 (62%)	22 (49%)
sereux_faible	111 (14%)	5 (11%)
sereux_moderee	39 (5.1%)	1 (2.2%)
sereux_forte	2 (0.3%)	2 (4.4%)
muqueux_faible	40 (5.2%)	6 (13%)
muqueux_moderee_ou_forte	47 (6.1%)	3 (6.7%)
purulent_faible	35 (4.5%)	5 (11%)
purulent_moderee_ou_forte	23 (3.0%)	1 (2.2%)
fr_category		
< 40	456 (59%)	14 (31%)
>= 40	316 (41%)	31 (69%)
abattement_ouinon		
absent	761 (99%)	38 (84%)
léger ou sévère	11 (1.4%)	7 (16%)

[†] n (%)

La vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Intense_lesion » révèle des effectifs nuls au sein des variables « Jet_nat_qtt » et « Abattement » (Tableau 17), entraînant la modification de celles-ci (Tableau 18).

Tableau 19 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Intense_lesion ».

Characteristic	OR [†]	95% CI [†]	p-value
jet_nat_qtt			0.073
absent	—	—	
sereux_faible	0.73	0.26, 2.09	
sereux_moderee	0.31	0.03, 3.03	
sereux_forte	12.3	1.41, 107	
muqueux_faible	2.56	0.93, 7.06	
muqueux_moderee_ou_forte	1.07	0.27, 4.26	
purulent_faible	2.77	0.90, 8.55	
purulent_moderee_ou_forte	1.04	0.13, 8.17	
abattement_ouinon			<0.001
absent	—	—	
léger ou sévère	9.70	3.14, 29.9	
fr_category			0.009
< 40	—	—	
>= 40	2.57	1.26, 5.22	
creux_flanc			0.019
rebondi	—	—	
plat	1.22	0.56, 2.69	
creux	3.76	1.37, 10.3	

[†] OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval

De manière générale, l'abattement, la fréquence respiratoire et l'aspect du creux du flanc étaient significativement associés au fait d'être intensément malade ou non pour les jour_JB.

De manière plus précise pour l'aspect du creux du flanc, la catégorie ayant un effet significatif était la présence d'un creux du flanc « creux » (correspondant à un rumen plus vide que pour les autres catégories) (Tableau 19).

C) Animal gravement malade

Les définitions d'animal gravement malade intègrent une notion de temporalité. Il est donc nécessaire, dans ce paragraphe de l'étude, de repasser à l'échelle du JB, correspondant à 4 jour_JB. Pour l'analyse des signes cliniques, on recherche le ou les rangs de prélèvements pour lesquels l'effectif de JB gravement malade est le plus important, afin de baser notre BDD d'étude sur ce jour de prélèvement.

1. Animal malade lors de deux observations consécutives

Dans ce paragraphe, on définit l'animal gravement malade comme un animal présentant un température rectale supérieure ou égale à 39.7°C pour la seconde fois (ou plus) consécutive. On retrouve alors 16 JB gravement malades au rang de prélèvement 2 et au rang de prélèvement 3, et 17 au rang de prélèvement 4 (Tableau 20).

Tableau 20 : Effectifs de JB gravement malades (température rectale supérieure ou égale à 39.7°C au moins deux fois consécutives à l'examen rapproché) en fonction du rang de prélèvement.

Rangs de prélèvements	Effectifs (en nombre de JB)
2	16
3	16
4	17

a) Rang de prélèvement 2

Dans la BDD constituée uniquement par les données des jour_JB au rang de prélèvement 2, soit 213 jour_JB, la vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_temperature » révèle des effectifs nuls au sein de la variable « Jet_nat_qtt » (Tableau 21), entraînant la modification de celle-ci (Tableau 22).

Tableau 21 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 2.

Characteristic	0, N = 176 [†]	1, N = 37 [†]
abattement		
absent	174 (99%)	36 (97%)
leger	2 (1.1%)	1 (2.7%)
creux_flanc		
rebondi	70 (40%)	9 (24%)
plat	94 (53%)	21 (57%)
creux	12 (6.8%)	7 (19%)
toux		
absente	127 (72%)	30 (81%)
presente	49 (28%)	7 (19%)
ecoulements_ocu		
absents	169 (96%)	36 (97%)
présents	7 (4.0%)	1 (2.7%)
jet_nat_qtt		
absent	104 (59%)	24 (65%)
sereux_faible	29 (16%)	3 (8.1%)
sereux_moderee	9 (5.1%)	1 (2.7%)
sereux_forte	0 (0%)	1 (2.7%)
muqueux_faible	6 (3.4%)	3 (8.1%)
muqueux_moderee	12 (6.8%)	2 (5.4%)
muqueux_forte	2 (1.1%)	0 (0%)
purulent_faible	10 (5.7%)	2 (5.4%)
purulent_moderee	2 (1.1%)	1 (2.7%)
purulent_forte	2 (1.1%)	0 (0%)
fr_category		
< 40	102 (58%)	11 (30%)
>= 40	74 (42%)	26 (70%)

[†] n (%)

Tableau 22 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 2.

Characteristic	0, N = 176 [†]	1, N = 37 [†]
abattement		
absent	174 (99%)	36 (97%)
leger	2 (1.1%)	1 (2.7%)
creux_flanc		
rebondi	70 (40%)	9 (24%)
plat	94 (53%)	21 (57%)
creux	12 (6.8%)	7 (19%)
toux		
absente	127 (72%)	30 (81%)
presente	49 (28%)	7 (19%)
ecoulements_ocu		
absents	169 (96%)	36 (97%)
présents	7 (4.0%)	1 (2.7%)
jet_nat_qtt		
absent	104 (59%)	24 (65%)
sereux_faible	29 (16%)	3 (8.1%)
sereux_moderee_ou_forte	9 (5.1%)	2 (5.4%)
muqueux_faible	6 (3.4%)	3 (8.1%)
muqueux_moderee_ou_forte	14 (8.0%)	2 (5.4%)
purulent_faible	10 (5.7%)	2 (5.4%)
purulent_moderee_ou_forte	4 (2.3%)	1 (2.7%)
fr_category		
< 40	102 (58%)	11 (30%)
>= 40	74 (42%)	26 (70%)

[†] n (%)

Tableau 23 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 2.

Characteristic	OR ¹	95% CI ¹	p-value
fr_category			0.008
< 40	—	—	
>= 40	3.01	1.33, 6.79	

¹ OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval

L'analyse des odds ratio et de leur intervalle de confiance semble monter une association entre le fait de présenter une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C plus de deux fois et une fréquence respiratoire supérieure à 40 mouvements par minute chez le jour_JB étudié (Tableau 23).

b) Rang de prélèvement 3

Dans la BDD constituée uniquement par les données des jour_JB au rang de prélèvement 3, soit 201 jour_JB, on s'intéresse de nouveau à la variable « Grave_temperature », comme définie précédemment. Les tableaux de vérification des effectifs sont disponibles en Annexe 2 et en Annexe 3

Tableau 24 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 3.

Characteristic	OR ¹	95% CI ¹	p-value
fr_category			0.5
< 40	—	—	
>= 40	1.32	0.62, 2.80	

¹ OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval

L'analyse des odds ratio et de leur intervalle de confiance semble ici ne montrer aucune association entre le fait de présenter une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C plus de deux fois et les différents signes cliniques observables (Tableau 24).

c) Rang de prélèvement 4

Dans la BDD constituée uniquement par les données des jour_JB au rang de prélèvement 4, soit 190 jour_JB, on s'intéresse encore une fois à la variable « Grave_temperature », comme définie précédemment. Les tableaux de vérification des effectifs sont disponibles en Annexe 4 et en Annexe 5.

Tableau 25 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 4.

Characteristic	OR ¹	95% CI ¹	p-value
fr_category			0.2
< 40	—	—	
> = 40	0.60	0.27, 1.31	

¹ OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval

L'analyse des odds ratio et de leur intervalle de confiance semble ici encore ne montrer aucune association entre le fait de présenter une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C plus de deux fois et les différents signes cliniques observables (Tableau 25).

d) Bilan

L'analyse des odds ratio et de leur intervalle de confiance obtenus avec le modèle de régression logistique pour les trois rangs de prélèvements ne donne pas d'information répétable entre les différents jours d'observation quant à une potentielle association entre le fait de présenter une température rectale supérieure ou égale à 39.7°C au moins deux fois, et l'expression clinique observable sur les animaux.

Seule la fréquence respiratoire est significativement associée à la définition d'animal gravement malade lors d'un jour d'observation sur trois.

2. *Animal présentant des lésions échographiques lors de deux observations successives*

Dans ce paragraphe, on définit l'animal gravement malade comme un animal présentant des lésions de consolidation de diamètre supérieur ou égal à un cm² à l'échographie pour la seconde fois (ou plus) consécutive. On retrouve ici 21 JB gravement malades au rang de prélèvement 2, 28 au rang de prélèvement 3, et 19 au rang de prélèvement 4 (Tableau 26).

Tableau 26 : Effectifs de JB gravement malades (lésions échographiques au moins deux fois successives à l'examen rapproché) en fonction du rang de prélèvement.

Rangs de prélèvements	Effectifs (en nombre de JB)
2	21
3	28
4	19

a) Rang de prélèvement 2

Dans la BDD constituée uniquement par les données des jour_JB au rang de prélèvement 2, soit 213 jour_JB, la vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_lesion » révèle des effectifs nuls au sein de la variable « Jet_nat_qtt » et « Ecoulements_ocu » (Tableau 27), entraînant la modification de la première et la suppression de la seconde, les catégories de celle-ci étant impossibles à réduire (Tableau 28).

L'analyse des odds ratio et de leur intervalle de confiance semble ici ne montrer aucune association entre le fait de présenter des lésions de consolidation de diamètre supérieur ou égal à un cm² à l'échographie plus de deux fois et les différents signes cliniques observables (Tableau 29).

Tableau 27 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 2.

Characteristic	0, N = 192 [†]	1, N = 21 [†]
abattement		
absent	190 (99%)	20 (95%)
leger	2 (1.0%)	1 (4.8%)
creux_flanc		
rebondi	72 (38%)	7 (33%)
plat	104 (54%)	11 (52%)
creux	16 (8.3%)	3 (14%)
toux		
absente	145 (76%)	12 (57%)
presente	47 (24%)	9 (43%)
ecoulements_ocu		
absents	184 (96%)	21 (100%)
présents	8 (4.2%)	0 (0%)
jet_nat_qtt		
absent	117 (61%)	11 (52%)
sereux_faible	29 (15%)	3 (14%)
sereux_moderee	9 (4.7%)	1 (4.8%)
sereux_forte	1 (0.5%)	0 (0%)
muqueux_faible	7 (3.6%)	2 (9.5%)
muqueux_moderee	13 (6.8%)	1 (4.8%)
muqueux_forte	2 (1.0%)	0 (0%)
purulent_faible	10 (5.2%)	2 (9.5%)
purulent_moderee	3 (1.6%)	0 (0%)
purulent_forte	1 (0.5%)	1 (4.8%)
fr_category		
< 40	107 (56%)	6 (29%)
>= 40	85 (44%)	15 (71%)

[†] n (%)

Tableau 28 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement

Characteristic	0, N = 192 [†]	1, N = 21 [†]
abattement		
absent	190 (99%)	20 (95%)
leger	2 (1.0%)	1 (4.8%)
creux_flanc		
rebondi	72 (38%)	7 (33%)
plat	104 (54%)	11 (52%)
creux	16 (8.3%)	3 (14%)
toux		
absente	145 (76%)	12 (57%)
presente	47 (24%)	9 (43%)
jet_nat_qtt		
absent	117 (61%)	11 (52%)
sereux_faible	29 (15%)	3 (14%)
sereux_moderee_ou_forte	10 (5.2%)	1 (4.8%)
muqueux_faible	7 (3.6%)	2 (9.5%)
muqueux_moderee_ou_forte	15 (7.8%)	1 (4.8%)
purulent_faible	10 (5.2%)	2 (9.5%)
purulent_moderee_ou_forte	4 (2.1%)	1 (4.8%)
fr_category		
< 40	107 (56%)	6 (29%)
>= 40	85 (44%)	15 (71%)

[†] n (%)

Tableau 29 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 2.

Characteristic	OR ¹	95% CI ¹	p-value
fr_category			0.040
< 40	—	—	
>= 40	2.96	1.05, 8.33	

¹ OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval

L'analyse des odds ratio et de leur intervalle de confiance semble ici ne montrer aucune association entre le fait de présenter des lésions de consolidation de diamètre supérieur ou égal à un cm² à l'échographie plus de deux fois et les signes cliniques observables à l'examen à distance (Tableau 29).

b) Rang de prélèvement 3

Dans la BDD constituée uniquement par les données des jour_JB au rang de prélèvement 3, soit 201 jour_JB, la vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_lesion » révèle des effectifs nuls au sein de la variable « Jet_nat_qtt » et « Ecoulements_ocu » (Annexe 6), entraînant la modification de la première et la suppression de la seconde, les catégories de celle-ci étant impossibles à réduire (Annexe 7).

Tableau 30 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 3.

Characteristic	OR ¹	95% CI ¹	p-value
creux_flanc			0.042
rebondi	—	—	
plat	1.18	0.47, 2.95	
creux	5.70	1.41, 23.0	
toux			0.017
absente	—	—	
presente	2.89	1.21, 6.87	

¹ OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval

L'analyse des odds ratio et de leur intervalle de confiance semble ici montrer une association entre le fait de présenter des lésions de consolidation de diamètre supérieur ou égal à un cm² à l'échographie plus de deux fois et les signes cliniques suivants : présence de toux, et creux du flanc creux (Tableau 30).

c) Rang de prélèvement 4

Dans la BDD constituée uniquement par les données des jour_JB au rang de prélèvement 3, soit 190 jour_JB, la vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_lesion » révèle des effectifs nuls au sein de la variable « Jet_nat_qtt » et « Ecoulements_ocu » (Annexe 8), entraînant la modification de la première et la suppression de la seconde, les catégories de celle-ci étant impossibles à réduire (Annexe 9).

Tableau 31 : Odds ratio (OR) et Intervalles de confiance à 95% (95%CI) associés aux variables explicatives, selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 4.

Characteristic	OR ¹	95% CI ¹	p-value
creux_flanc			0.037
rebondi	—	—	
plat	11.8	1.53, 91.0	
creux	23.3	1.84, 296	

¹ OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval

L'analyse des odds ratio et de leur intervalle de confiance semble ici montrer une association entre le fait de présenter des lésions de consolidation de diamètre supérieur ou égal à un cm² à l'échographie plus de deux fois et le fait de présenter un creux du flanc plat ou creux (Tableau 31).

d) Bilan

L'analyse des odds ratio et de leur intervalle de confiance obtenus avec le modèle de régression logistique pour les trois rangs de prélèvements ne donne pas d'information répétable entre les différents jours d'observation quant à une potentiellement association entre le fait de présenter des lésions de consolidation de diamètre supérieur ou égal à un cm² à l'échographie au moins deux fois, et l'expression clinique observable sur les animaux.

La fréquence respiratoire et la toux sont significativement associées à la définition d'animal gravement malade lors d'un jour d'observation sur trois, et un flanc d'aspect creux est significativement associé lors de deux jours d'observation sur trois.

QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION

L'objectif de ce travail de thèse était d'étudier les associations entre intensité et gravité des maladies respiratoires et les signes cliniques observables lors d'un examen à distance chez les jeunes bovins en engraissement, pour pouvoir par la suite utiliser ces éléments et les inclure dans une grille de scoring aidant au diagnostic à distance des BPI sur ces animaux. Pour cela, diverses définitions d'animal malade, intensément malade et gravement malade ont été établies, avant d'étudier les associations entre ces événements et les signes cliniques couramment récoltés lors d'examen clinique à distance : toux, abattement, jetage, creux du flanc, écoulements oculaires, fréquence respiratoire.

A) Signes cliniques associés à l'état malade ou non de l'animal

Le premier résultat intéressant concerne l'association statistique entre le fait d'être malade et le fait de présenter un jetage purulent, de l'abattement, et une fréquence respiratoire élevée. Ces signes font partie de ceux évalués dans le système de scoring déjà existant sur veaux laitiers (Love, et al., 2014). On peut cependant noter que la fréquence respiratoire est évaluée dans la grille California comme « normale » ou « rapide ou difficile ». Dans notre étude, une courbe ROC a été utilisée afin de déterminer le seuil le plus discriminant. Celui-ci était de 39 mouvements par minutes. Sur le terrain, la fréquence respiratoire est usuellement calculée en comptant le nombre de cycles respiratoires sur 15 secondes, puis en multipliant ce nombre par quatre. La fréquence respiratoire obtenue lors d'un examen à distance est donc généralement un multiple de quatre, d'où le choix d'un seuil de 40 mouvements par minutes pour les analyses statistiques.

Cependant, ces résultats ne sont pas en totale adéquation avec les autres études réalisées autour de ce sujet. Par exemple, Lowie garde la toux, spontanée ou provoquée, comme meilleur indicateur de maladie chez les animaux laitiers et allaitants, en pré et post sevrage (Lowie, et al., 2021). Celle-ci ne ressort pas comme un indicateur fiable dans notre étude. L'observation des animaux portant uniquement sur la toux spontanée sur cinq minutes, il est possible que certains animaux toussant à une fréquence plus faible aient été considérés comme « non tousseurs », tendant ainsi à réduire les effectifs et expliquant l'absence de résultat significatif pour ce paramètre. La toux provoquée, souvent décrite comme bon indicateur (Berman, et al., 2021), n'a ici pas été testée, de par une contention délicate des animaux et une difficulté technique plus grande due à la taille des animaux étudiés.

B) Signes cliniques associés à l'état intensément malade ou non

L'intensité de la maladie semble quant à elle liée aux signes cliniques suivants : présence d'un abattement et d'une fréquence respiratoire élevée pour les deux définitions, associée à la

présence de jetage séreux en forte quantité, purulent en quantité faible ou forte pour la définition basée sur les lésions échographiques, et à la présence d'un creux du flanc d'aspect creux pour la définition basée sur la température rectale. Deux d'entre eux, abattement et fréquence respiratoire, ne sont pas discriminant quant au fait d'être simplement malade. La présence d'un jetage séreux fort est quant à elle uniquement associée avec le fait d'être intensément malade. Il n'est pas surprenant d'observer une fréquence respiratoire élevée et de l'abattement sur les animaux intensément malades, ces paramètres étant utilisés comme marqueurs de sévérité en médecine humaine également (Lim, et al., 2003).

Ainsi, les éléments importants dans la description d'un animal intensément malade sont des signes de répercussion sur l'état général (avec le creux du flanc, reflet de la prise alimentaire, et l'abattement), ou d'atteinte respiratoire suffisamment sévère pour augmenter la fréquence respiratoire.

C) Signes cliniques associés à l'état gravement malade ou non

Il n'a pas été trouvé dans cette étude d'association statistique entre la gravité de la maladie et les signes cliniques exprimés. Celle-ci, faisant référence au pronostic, inclut une notion de temporalité. Ainsi a-t-il été nécessaire ici de passer de l'échelle « jour_JB » à l'échelle « JB », réduisant donc considérablement la taille des échantillons étudiés : on passe d'une base de données comprenant 817 jour_JB à des bases de données de 190 à 213 jour_JB. L'absence de résultats significatifs peut être liée à ces échantillons de taille réduite.

De plus, les signes cliniques observés, de par leur expression variable d'un individu à l'autre, ne sont pas toujours le reflet des lésions réelles chez l'animal. Ainsi, évaluer le pronostic, et donc la gravité de la maladie sur la simple observation de la clinique peut être compromis. En médecine humaine, l'évaluation de la gravité et l'établissement d'un pronostic passe par de nombreux examens, tels que l'évaluation de la fonction pulmonaire par spirométrie, l'analyse des gaz du sang, et des systèmes de scoring tel que le CURB-65, combinant ainsi la sévérité des signes cliniques à des données plus objectives (Patel, 2021). Ainsi, l'utilisation d'autres méthodes de mesures telles que décrites en première partie, comme la mesure de la lactatémie (Coghe, et al., 2000) ou l'examen échographique des bovins (Herry & Masset, 2021), en association avec l'analyse de l'expression clinique, pourrait donner de meilleurs résultats quant à l'évaluation de la gravité des maladies respiratoires des jeunes bovins.

D) Limites de l'étude

Ces observations n'ont pas été réalisées à chaque fois par les mêmes personnes, créant ainsi un biais de subjectivité, malgré l'utilisation d'une grille de scoring. Afin de limiter au maximum ce biais, tous les observateurs ont été formés initialement par le même vétérinaire. De plus, les observations étaient systématiquement réalisées à plusieurs, afin de pouvoir se questionner en cas de doute sur un paramètre clinique ou sur un animal. Il aurait pu être intéressant de mettre en place des observations des mêmes animaux par plusieurs observateurs

puis de comparer leur résultats, afin de s'assurer de la concordance des résultats obtenus, comme réalisé en échographie par Buczinski en 2018 par exemple (Buczinski, et al., 2018), mais ceci n'a pas pu être mis en place dans cette étude par manque de temps.

Enfin, comme précisé ci-dessus, les effectifs étaient finalement réduits dans certaines catégories, notamment dans le cadre d'étude des animaux gravement malades, de par les définitions utilisées. Il serait intéressant d'étendre cette étude à un plus large échantillon, afin de donner plus de poids à nos résultats.

CONCLUSION

Dans ce travail de thèse, nous nous sommes intéressés à la caractérisation des maladies respiratoires des jeunes bovins à l'engraissement selon leur intensité et leur gravité. Dans ce but, nous avons utilisé deux modalités d'examens : un examen rapproché, avec prise de température rectale et réalisation d'une échographie pulmonaire, et un examen à distance, qui correspond encore actuellement au standard de détection des animaux malades par l'éleveur, en observant différents signes cliniques. Les signes cliniques à l'examen à distance comprenaient : l'abattement, la quantification directe ou indirecte (en observant le creux du flanc) de la prise de nourriture, la présence de toux, la présence, nature et quantité de jetage ou d'écoulements oculaires, la mesure de la fréquence respiratoire et les modifications de la courbe respiratoire (amplitude, rythme, type de respiration).

A partir de l'examen rapproché, trois catégories (malade, intensément malade ou gravement malade) d'animaux malades ont été définies en se basant sur cinq définitions. Un animal était considéré malade lorsque celui-ci avait une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C à l'examen rapproché. Un animal était considéré intensément malade soit lorsqu'il avait une température rectale supérieure ou égale à 40°C, soit lorsqu'il avait une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C et des consolidations à l'échographie pulmonaire (signant une atteinte pulmonaire). Enfin, un animal était considéré gravement malade soit lorsqu'il avait une température rectale supérieure ou égale à 39,7°C lors d'au moins deux examens rapprochés successifs (à une semaine d'intervalle), soit lorsqu'il avait des consolidations à l'échographie pulmonaire lors d'au moins deux examens rapprochés successifs, ces deux définitions apportant ici une notion de durée dans le temps de la maladie.

L'association entre les signes cliniques observables à distance et les définitions d'animal malade obtenues à la suite de l'examen rapproché a été évaluée à l'aide de modèles de régression logistique. Ces modèles ont permis de quantifier la force des associations entre des signes cliniques et les différentes catégories d'animaux malades.

Les signes cliniques significativement associés avec le fait d'être malade ou non étaient l'abattement, le jetage (notamment purulent en quantité modérée à importante et séreux en forte quantité), et une fréquence respiratoire supérieure ou égale à 40 mouvements par minute (fréquence augmentée).

Les animaux intensément malades avaient significativement une fréquence respiratoire plus élevée et un abattement plus fréquent que les autres animaux. De légères variations pouvaient être observées en fonction de l'une ou l'autre des définitions (la présence de jetage séreux en forte quantité était significativement associée seulement dans la définition basée sur la température rectale, ou un creux du flanc creux, marquant une diminution de la prise alimentaire, qui était significativement associée seulement dans la définition utilisant l'échographie).

Enfin, concernant les animaux gravement malades, que ce soit avec l'une ou l'autre des définitions, l'analyse était moins consensuelle entre les sous-parties de l'échantillon qu'elle concernait et aucun signe clinique ne s'est révélé efficace, de manière répétable, pour caractériser ces animaux.

BIBLIOGRAPHIE

- Ackermann, M. R., Derscheid, R. & Roth, J. A., 2010. Innate immunology of bovine respiratory disease. *The Veterinary Clinics of North America, Food Animal Practice*, Juillet, 26(2), pp. 215-228.
- Allen, J. W. , Viel, L., Bateman, K. G., Rosendal, S., Shewen, P. E. & Physicksheard, P. , 1991. The microbial flora of the respiratory tract in feedlot calves: associations between nasopharyngeal and bronchoalveolar lavage culture. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 55(4), pp. 341-346.
- Aly, S. S., Love, W. J., Williams, D. R., Lehenbauer, T. W., Van Eenennaam, A. L., Drake, C. M., Kass, P. H. & Farver, T. B., 2014. Agreement between bovine respiratory disease scoring systems for pre-weaned dairy calves. *Animal Health Reviews*, Band 15, pp. 1-3.
- Assié, S., Seegers, H., Makoschey, B., Désiré-Bousquié, L. & Bareille, N., 2009. Exposure to pathogens and incidence of respiratory disease in young bulls on their arrival at fattening operations in France. *The Veterinary Record*, 165(7), pp. 195-199.
- Babiuk, L. A., Lawman, M. J. & Ohmann, H. B., 1988. Viral-bacterial synergistic interaction in respiratory disease. *Advances in virus research*, Band 35, pp. 219-249.
- Bareille, N., 2023. Elevage des bovins mâles pour la production de viande. *Polycopié d'enseignement Oniris, formation vétérinaire UE 047*, 11, 17pp.
- Bareille, N., Seegers, H., Denis, G., Quillet, J.-M. & Assié, S., 2008. Impact technique et économique des troubles respiratoires des jeunes bovins lors de l'engraissement. *Rencontres - Recherches - Ruminants*, pp. 77-80.
- Bennett, J. E., Dolin, R. & Blaser, M. J., 2015. *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*. 8e Hrsg. s.l.:Elsevier.
- Berman, J., Francoz, D., Abdallah, A., Dufour, S. & Buczinski, S., 2021. Evaluation of inter-rater agreement of the clinical signs used to diagnose bovine respiratory disease in individually housed veal calves.. *Journal of Dairy Science*.
- Buczinski, S., Buathier, C., Bélanger, A. M., Michaux, H., Tison, N. & Timsit, E., 2018. Inter-rater agreement and reliability of thoracic ultrasonographic findings in feedlot calves, with or without naturally occurring bronchopneumonia. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, Band 32, pp. 1787-1792.
- Buczinski, S. & Pardon, B., 2020. Bovine respiratory disease diagnosis: what progress has been made in clinical diagnosis?. *Veterinary Clinics, Food animal practice*, Band 36, pp. 399-423.
- Buczinski, S., Rademacher, R. D., Tripp, H. M., Edmonds, M., Johnson, E. G. & Dufour, S., 2015. Assessment of L-lactatemia as a predictor of respiratory disease recognition and severity in feedlot steers. *Preventive Veterinary Medicine*, Band 118, pp. 306-318.
- Camkerten, I., Kazim Borku, M., Kalinbacak, A., Sahin T., Ozkurt Borazan G. & Sinan Aktas, M., 2010. Clinical utility of lactate in calves with bovine respiratory disease. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, pp. 1955-1957.
- Chamorro, M. F. & Palomares, R. A., 2020. Bovine respiratory disease vaccination against viral pathogens: modified-live versus inactivated antigen vaccines, intranasal versus parenteral, what is the evidence?. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, pp. 461-472.

- Coghe, J., Uysterpruyst, C. H., Bureau, F., Detilleux, J., Art, T. & Lekeux, P., 2000. Validation and prognostic value of plasma lactate measurement in bovine respiratory disease. *The Veterinary Journal*, Band 160, pp. 139-146.
- Donovan, G. A., Dohoo, I. R., Montgomery, D. M. & Bennett, F. L., 1998. Calf and disease factors affecting growth in female Holstein calves in Florida, USA. *Preventive veterinary medicine*, Band 33, pp. 1-10.
- Dunn, T. R., Ollivett, T. L., Renaud, D. L., Leslie, K. E., LeBlanc, S. J., Duffield, T. F. & Kelton, D. F., 2018. The effect of lung consolidation, as determined by ultrasonography, on first-lactation milk production in Holstein dairy calves. *J Dairy Sci*.
- Fulton, R. W., 2009. Bovine respiratory disease research (1983-2009). *Animal Health Research Reviews*, 10(2), pp. 131-139.
- Fulton, R. W., Cook, B. J., Step, D. L., Confer, A. W., Saliki, J. T., Payton, M. E., Burge, L. J., Welsh, R. D. & Blood, K. S., 2002. Evaluation of health status of calves and the impact on feedlot performance: assessment of a retained ownership program for postweaning calves. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 66(3), pp. 173-180.
- Genn, H. J. & Hertsch, B., 1982. Diagnostical and prognostical value of blood lactate concentration and its level in peritoneal fluid in colic of the horse. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, Band 89, pp. 295-299.
- Godden, S. M., Haines, D. M., Konkol, K. & Peterson, J., 2009. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves, interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *Journal of Dairy Science*, Band 92, pp. 1758-1764.
- Griffin, D., 2012. Filed necropsy of cattle and diagnostic sample submission. *The Veterinary clinics of North America, Food animal practice*, Band 28, pp. 391-405.
- Griffin, D., Chengappa, M. M., Kuszak, J. & McVey, D. S., 2010. Bacterial pathogens of the bovine respiratory disease complex. *Veterinary Clinics of North America, Food Animal Practice*, 26(2), pp. 381-394.
- Grissett, G. P., White, B. & 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*, Band 29, pp. 770-780.
- Herry, V. & Masset, N., 2021. L'échographie pulmonaire des bovins. *Bulletin des GTV*, Novembre.
- Huskisson, E. C., 1974. Measurement of pain. *Lancet*, Band 2, pp. 1127-1131.
- IDELE, Institut de l'élevage, 2022. Les chiffres clés su GEB bovins 2022, Production lait et viande..
- Jericho, K. W. F. & Langford, E. V., 1978. Pneumonia in calves produced with aerosols of Bovine Herpesvirus 1 and Pasteurella haemolytica. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 42(3), pp. 269-277.
- Kaske, M., 1994. Pathophysiologische Aspekte des neonatalen kälberdiarrhoe. *Tierärztliche Umschau*, Band 49, pp. 336-348.
- Lim, W. S., Van Der Eerden, M. M., Laing, R., Boersma, W. G., Karalus, N., Town, G. I., Lewis, S. A. & Macfarlane, J. T., 2003. Defining community acquired pneumoniae severity on presentation to hospital: an international derivation and validation study. *Thorax*.

- 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*, 28(2), pp. 119-128.
- 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(238), pp. 1-25.
- Lowie, T., Van Leenen, K., Jourquin, S., Pas, M. L., Bokma, J. & Pardon, B., 2021. 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), pp. 6111-6124.
- 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, Wiley*.
- McGuirk, S. M., 2008. Disease management of dairy calves and heifers. *The Veterinary Clinics of North America, Food Animal Practice*, 24(1), pp. 139-153.
- McGuirk, S. M. & Peek, S. F., 2014. Timely diagnosis of dairy calf respiratory disease using a standardized scoring system. *Animal Health Research Reviews*, Band 15, pp. 145-147.
- Muggli-Cockett, N. E., Cundiff, L. V. & Gregory, K. E., 1992. Genetic analysis of bovine respiratory disease in beef calves during the first year of life. *Journal of Animal Science*, Band 70, pp. 2013-2019.
- Murray, C. J. & Lopez, A. D., 1997. Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: global burden of disease study. *Lancet*, Band 349, pp. 1436-1442.
- Murray, G. M., O'Neill, R. G., More, S. J., McElroy, M. C., Earley, B. & Cassidy, J. P., 2016. Evolving views on bovine respiratory disease : an appraisal of selected key pathogens. *The Veterinary Journal*, Band 217, pp. 95-102.
- Ollivett, T. L. & Buczinski, S., 2016. On-farm use of ultrasonography for bovine respiratory disease. *Veterinary Clinisc of North America: Food Animal Practice*, Mars.
- 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*.
- Oskar, N., Seidel, H., Paulikova, I., Mudron, P. & Kovac, G., 2006. Use of blood gases and lactic acid analyses in diagnosis and prognosis of respiratory diseases in calves. *Veterinary Institute in Pulawy*, Band 50, pp. 149-152.
- Panciera, R. J. & Confer, A. W., 2010. Pathogenesis and pathology of bovine pneumonia. *The Veterinary Clinics of North America, Food Animal Practice*, 26(2), pp. 191-214.
- Panciera, R. J. & Confer, A. W., 2010. Pathogenesis and pathology of bovine pneumonia. *The Veterinary clinics of North America, Food animal practice*, Band 26, pp. 191-214.
- Papp, E. d., Drobatz, K. J. & Hughes, D., 1999. Plasma lactate concentration as a predictor of gastric necrosis and survival among dogs with gastric dilatation-volvulus: 102 cases (1995-1998). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, Band 215, pp. 49-52.

- Patel, S., 2021. Calculated decisions: CURB-65 score for pneumoniae severity.. *Emergency Medecine Practice*.
- Peel, D. S., 2020. Economic considerations of enhanced BRD control. *Anim Health Res Rev*, pp. 139-142.
- Pravettoni, D., Buczinski, S., Sala, G., Ferrulli, V., Bianchi, F. & Boccardo, A., 2021. Diagnostic accuracy of focused lung ultrasonography es a rapid method for the diagnosis of respiratory disease in dairy calves.. *J. Dairy Sci.*
- Rademacher, R., Buczinski, S., Tripp, H. & Johnson, E., 2014. Systematic thoracic ultrasonography in acute bovine respiratory disease of feedlot steers. *The Bovine Practitioner*.
- Ribble, C. S., Meek, A. H., Shewen, P. E., Jim, G. K. & Guichon, P. T., 1995. Effect of transportation on fatal fibrinous pneumonia and shrinkage in calves arriving at a large feedlot. *Journal of the Anmerican Veterinary Medical Association*, Band 207, pp. 612-615.
- Sanderson, M. W., Dargatz, D. A. & Wagner, B. A., 2008. Risk factors for initial respiratory disease in United States' feedlots based on producer-collected daily morbidity counts. *The Canadian Veterinary Journal*, Band 49, pp. 373-378.
- Snowder, G. D., Vleck, L. D. V., Cundiff, L. V. & Bennett, G. L., 2006. Bovine respiratory disease in feedlot ccattle: environmental, genetic, and economic factors. *Journal of Animal Science*, Band 84, pp. 1999-2008.
- Taylor, J. D., Fulton, R. W., Lehenbauer, T. W., Step, D. L. & Confer, A. W. 2010. The epidemiology of bovine respiratory disease: What is the evidence for predisposing factors?. *The Canadian Veterinary Journal*, 51(10), pp. 1095-1102.
- Timsit, E., 2021. Gestion des bronchopneumonies infectieuses des bovins à l'engrais en Amérique du nord : quelles sont les différences avec la France et quelles approches peut-on importer ?. *Bulletin des GTV*, Novembre, pp. 35-42.
- Timsit, E., Tison, N., Booker, C. W. & Buczinski, S., 2019. Association of lung lesions measured by thoracic ultrasonography at first diagnosis of bronchopenumonia with relapse rate and growth performance in feedlot cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, pp. 1540-1546.
- Urban-Chmiel, R. & Grooms, D. L., 2012. Prevention and control of bovine respiratory disease. *Journal of Livestock Science*, Band 3, pp. 27-36.
- USDA, 2006. Budget summary ans annual performance plan. *U. S. Derpartement of Agriculture*.
- Veit, H. P. & Farrell, R. L., 1978. The anatomy and physiology of the bovine respiratory system relating to pulmonary disease. *The Cornell Veterinarian*, Band 68, pp. 555-581.
- Vermeire, S., Schreiber, S., Sandborn, W. J., Dubois, C. & Rutgeerts, P., 2010. Correlation between the Crohn's disease activity and Harvey-Bradshaw indices in assessing Crohn's disease severity. *Clinical gastroenterology and hepatology*, Band 8, pp. 357-363.
- Ware, J. E. & Sherbourne, C. D., 1992. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36), Conceptual framework and item selection. *Medical care*, Band 30, pp. 473-483.
- Wells, S. J., Dargatz, D. A. & Ott, S. L., 1996. Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States. *Preventive Veterinary Medicine*, Band 29, pp. 9-19.

WHO, 2020. *Pandemic influenza preparedness and response*. [Online]
Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547680>
[Zugriff am 4 Juillet 2024].

ANNEXES

N° du JB		Elevage:			Lot:			Date :			Heure d'observation :				
Etat général															
Abattement	absent	léger	sévère	absent	léger	sévère	absent	léger	sévère	absent	léger	sévère	absent	léger	sévère
Prise de nourriture	normale	diminuée	absente	normale	diminuée	absente	normale	diminuée	absente	normale	diminuée	absente	normale	diminuée	absente
Creux du flanc gauche	rebondi	plat	creux	rebondi	plat	creux	rebondi	plat	creux	rebondi	plat	creux	rebondi	plat	creux
Symptômes respiratoires															
Jetage	absent	présent		absent	présent		absent	présent		absent	présent		absent	présent	
nature	séveux	muqueux	purulent	séveux	muqueux	purulent	séveux	muqueux	purulent	séveux	muqueux	purulent	séveux	muqueux	purulent
quantité	faible	modéré	fort	faible	modéré	fort	faible	modéré	fort	faible	modéré	fort	faible	modéré	fort
Toux:	absente	présente		absente	présente		absente	présente		absente	présente		absente	présente	
nombre / 5 min															
nature	forte	faible		forte	faible		forte	faible		forte	faible		forte	faible	
Écoulements oculaires	absents	présents		absents	présents		absents	présents		absents	présents		absents	présents	
nature	séveux	muqueux	purulent	séveux	muqueux	purulent	séveux	muqueux	purulent	séveux	muqueux	purulent	séveux	muqueux	purulent
quantité	faible	modérée	forte	faible	modérée	forte	faible	modérée	forte	faible	modérée	forte	faible	modérée	forte
Fréq. Respi. (batt/1min)															
Amplitude respiratoire	normale	augmentée		normale	augmentée		normale	augmentée		normale	augmentée		normale	augmentée	
Rythme respiratoire	régulier	irrégulier		régulier	irrégulier		régulier	irrégulier		régulier	irrégulier		régulier	irrégulier	
Type de respiration	costo-abdo	costal	abdominal	costo-abdo	costal	abdominal	costo-abdo	costal	abdominal	costo-abdo	costal	abdominal	costo-abdo	costal	abdominal

Annexe 1 : Grille de suivi clinique

Characteristic	0, N = 164 [†]	1, N = 37 [†]
abattement		
absent	163 (99%)	35 (95%)
leger	1 (0.6%)	2 (5.4%)
creux_flanc		
rebondi	73 (45%)	19 (51%)
plat	80 (49%)	16 (43%)
creux	11 (6.7%)	2 (5.4%)
toux		
absente	122 (74%)	25 (68%)
presente	42 (26%)	12 (32%)
ecoulements_ocu		
absents	157 (96%)	37 (100%)
présents	7 (4.3%)	0 (0%)
jet_nat_qtt		
absent	103 (63%)	20 (54%)
sereux_faible	22 (13%)	5 (14%)
sereux_moderee	7 (4.3%)	2 (5.4%)
sereux_forte	0 (0%)	0 (0%)
muqueux_faible	11 (6.7%)	4 (11%)
muqueux_moderee	9 (5.5%)	4 (11%)
muqueux_forte	0 (0%)	0 (0%)
purulent_faible	9 (5.5%)	2 (5.4%)
purulent_moderee	3 (1.8%)	0 (0%)
purulent_forte	0 (0%)	0 (0%)
fr_category		
< 40	93 (57%)	18 (49%)
>= 40	71 (43%)	19 (51%)

[†] n (%)

Annexe 2 : Tableau de vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 3.

Characteristic	0, N = 164 [†]	1, N = 37 [†]
abattement		
absent	163 (99%)	35 (95%)
leger	1 (0.6%)	2 (5.4%)
creux_flanc		
rebondi	73 (45%)	19 (51%)
plat	80 (49%)	16 (43%)
creux	11 (6.7%)	2 (5.4%)
toux		
absente	122 (74%)	25 (68%)
presente	42 (26%)	12 (32%)
jet_nat_qtt		
absent	103 (63%)	20 (54%)
muqueux_faible	11 (6.7%)	4 (11%)
muqueux_moderee_ou_forte	9 (5.5%)	4 (11%)
purulent	12 (7.3%)	2 (5.4%)
sereux_faible	22 (13%)	5 (14%)
sereux_moderee_ou_forte	7 (4.3%)	2 (5.4%)
fr_category		
< 40	93 (57%)	18 (49%)
>= 40	71 (43%)	19 (51%)

[†] n (%)

Annexe 3 : Tableau de vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 3.

Characteristic	0, N = 158 [†]	1, N = 32 [†]
abattement		
absent	155 (98%)	31 (97%)
leger	3 (1.9%)	1 (3.1%)
creux_flanc		
rebondi	59 (37%)	12 (38%)
plat	92 (58%)	19 (59%)
creux	7 (4.4%)	1 (3.1%)
toux		
absente	126 (80%)	24 (75%)
presente	32 (20%)	8 (25%)
ecoulements_ocu		
absents	146 (92%)	32 (100%)
présents	12 (7.6%)	0 (0%)
jet_nat_qtt		
absent	95 (60%)	19 (59%)
sereux_faible	25 (16%)	7 (22%)
sereux_moderee	9 (5.7%)	3 (9.4%)
sereux_forte	0 (0%)	0 (0%)
muqueux_faible	10 (6.3%)	0 (0%)
muqueux_moderee	9 (5.7%)	1 (3.1%)
muqueux_forte	0 (0%)	1 (3.1%)
purulent_faible	8 (5.1%)	0 (0%)
purulent_moderee	2 (1.3%)	1 (3.1%)
purulent_forte	0 (0%)	0 (0%)
fr_category		
< 40	79 (50%)	20 (63%)
>= 40	79 (50%)	12 (38%)

[†] n (%)

Annexe 4 : Tableau de vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement

4.

Characteristic	0, N = 158 [†]	1, N = 32 [†]
abattement		
absent	155 (98%)	31 (97%)
leger	3 (1.9%)	1 (3.1%)
creux_flanc		
rebondi	59 (37%)	12 (38%)
plat	92 (58%)	19 (59%)
creux	7 (4.4%)	1 (3.1%)
toux		
absente	126 (80%)	24 (75%)
presente	32 (20%)	8 (25%)
jet_nat_qtt		
absent	95 (60%)	19 (59%)
muqueux	19 (12%)	2 (6.3%)
purulent	10 (6.3%)	1 (3.1%)
sereux_faible	25 (16%)	7 (22%)
sereux_moderee_ou_forte	9 (5.7%)	3 (9.4%)
fr_category		
< 40	79 (50%)	20 (63%)
>= 40	79 (50%)	12 (38%)

[†] n (%)

Annexe 5 : Tableau de vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_temperature » au sein du rang de prélèvement 4.

Characteristic	0, N = 173 [†]	1, N = 28 [†]
abattement		
absent	171 (99%)	27 (96%)
leger	2 (1.2%)	1 (3.6%)
creux_flanc		
rebondi	81 (47%)	11 (39%)
plat	84 (49%)	12 (43%)
creux	8 (4.6%)	5 (18%)
toux		
absente	132 (76%)	15 (54%)
presente	41 (24%)	13 (46%)
ecoulements_ocu		
absents	166 (96%)	28 (100%)
présents	7 (4.0%)	0 (0%)
jet_nat_qtt		
absent	109 (63%)	14 (50%)
sereux_faible	23 (13%)	4 (14%)
sereux_moderee	9 (5.2%)	0 (0%)
sereux_forte	0 (0%)	0 (0%)
muqueux_faible	9 (5.2%)	6 (21%)
muqueux_moderee	11 (6.4%)	2 (7.1%)
muqueux_forte	0 (0%)	0 (0%)
purulent_faible	9 (5.2%)	2 (7.1%)
purulent_moderee	3 (1.7%)	0 (0%)
purulent_forte	0 (0%)	0 (0%)
fr_category		
< 40	96 (55%)	15 (54%)
>= 40	77 (45%)	13 (46%)

[†] n (%)

Annexe 6 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 3.

Characteristic	0, N = 173 [†]	1, N = 28 [†]
abattement		
absent	171 (99%)	27 (96%)
leger	2 (1.2%)	1 (3.6%)
creux_flanc		
rebondi	81 (47%)	11 (39%)
plat	84 (49%)	12 (43%)
creux	8 (4.6%)	5 (18%)
toux		
absente	132 (76%)	15 (54%)
presente	41 (24%)	13 (46%)
jet_nat_qtt		
absent	109 (63%)	14 (50%)
sereux	32 (18%)	4 (14%)
muqueux_faible	9 (5.2%)	6 (21%)
muqueux_moderee	11 (6.4%)	2 (7.1%)
purulent	12 (6.9%)	2 (7.1%)
fr_category		
< 40	96 (55%)	15 (54%)
>= 40	77 (45%)	13 (46%)

[†] n (%)

Annexe 7 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 3.

Characteristic	0, N = 171 [†]	1, N = 19 [†]
abattement		
absent	168 (98%)	18 (95%)
leger	3 (1.8%)	1 (5.3%)
creux_flanc		
rebondi	70 (41%)	1 (5.3%)
plat	95 (56%)	16 (84%)
creux	6 (3.5%)	2 (11%)
toux		
absente	138 (81%)	12 (63%)
presente	33 (19%)	7 (37%)
ecoulements_ocu		
absents	159 (93%)	19 (100%)
présents	12 (7.0%)	0 (0%)
jet_nat_qtt		
absent	106 (62%)	8 (42%)
sereux_faible	26 (15%)	6 (32%)
sereux_moderee	10 (5.8%)	2 (11%)
sereux_forte	0 (0%)	0 (0%)
muqueux_faible	10 (5.8%)	0 (0%)
muqueux_moderee	10 (5.8%)	0 (0%)
muqueux_forte	1 (0.6%)	0 (0%)
purulent_faible	5 (2.9%)	3 (16%)
purulent_moderee	3 (1.8%)	0 (0%)
purulent_forte	0 (0%)	0 (0%)
fr_category		
< 40	91 (53%)	8 (42%)
>= 40	80 (47%)	11 (58%)

[†] n (%)

Annexe 8 : Vérification des effectifs des variables explicatives selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 4.

Characteristic	0, N = 171 [†]	1, N = 19 [†]
abattement		
absent	168 (98%)	18 (95%)
leger	3 (1.8%)	1 (5.3%)
creux_flanc		
rebondi	70 (41%)	1 (5.3%)
plat	95 (56%)	16 (84%)
creux	6 (3.5%)	2 (11%)
toux		
absente	138 (81%)	12 (63%)
presente	33 (19%)	7 (37%)
jet_nat_qtt		
absent	106 (62%)	8 (42%)
sereux	36 (21%)	8 (42%)
muqueux_ou_purulent	29 (17%)	3 (16%)
fr_category		
< 40	91 (53%)	8 (42%)
>= 40	80 (47%)	11 (58%)

[†] n (%)

Annexe 9 : Vérification des effectifs des variables explicatives après modifications selon la variable « Grave_lesion » au sein du rang de prélèvement 4.