



HAL
open science

Établissement d'une grille de notation de lésions pulmonaires à l'abattoir pour le suivi des maladies respiratoires des veaux de boucherie : intérêt technico-économique et sanitaire

Alice Gardavaud

► **To cite this version:**

Alice Gardavaud. Établissement d'une grille de notation de lésions pulmonaires à l'abattoir pour le suivi des maladies respiratoires des veaux de boucherie : intérêt technico-économique et sanitaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04286751

HAL Id: dumas-04286751

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04286751>

Submitted on 8 Jan 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.

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2023 - Thèse n° 075

**ÉTABLISSEMENT D'UNE GRILLE DE NOTATION DE LÉSIONS PULMONAIRES À
L'ABATTOIR POUR LE SUIVI DES MALADIES RESPIRATOIRES DES VEAUX DE
BOUCHERIE : INTÉRÊT TECHNICO-ÉCONOMIQUE ET SANITAIRE**

THESE

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

Et soutenue publiquement le 20 octobre 2023
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

GARDAVAUD Alice

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2023 - Thèse n° 075

**ÉTABLISSEMENT D'UNE GRILLE DE NOTATION DE LÉSIONS PULMONAIRES À
L'ABATTOIR POUR LE SUIVI DES MALADIES RESPIRATOIRES DES VEAUX DE
BOUCHERIE : INTÉRÊT TECHNICO-ÉCONOMIQUE ET SANITAIRE**

THESE

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

Et soutenue publiquement le 20 octobre 2023
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

GARDAVAUD Alice

Liste des enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon

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

Remerciements au jury

À Monsieur le Professeur Marc JANIER,

De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon-Est,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,

Un très grand merci.

À Madame la Professeur Marie-Anne ARCANGIOLI

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Qui m'a accompagnée et guidée tout au long de mon travail,

Grâce à votre réactivité et vos conseils, ce fut un plaisir de travailler avec vous,

Je vous remercie sincèrement.

À Madame la Professeur Marie-Laure DELIGNETTE-MULLER,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Pour m'avoir accompagnée dans la partie statistique de cette thèse,

Merci mille fois.

À Madame la Docteur Karine HAURAY,

De la clinique vétérinaire du Clair Matin à Bourg en Bresse,

Pour m'avoir aidé à la conception de la grille et pour les visites à l'abattoir, pour les réponses à mes questions,

Merci du fond du cœur.

Table des matières

Table des annexes	9
Table des figures.....	11
Table des tableaux.....	13
Liste des abréviations et sigles	15
Introduction.....	17
PARTIE 1 : Étude bibliographique : l'élevage de veaux de boucherie et les maladies respiratoires.....	19
I. L'élevage de veaux de boucherie en France	19
1. Les caractéristiques de l'élevage de veaux de boucherie	19
2. La production française.....	20
3. Les différentes productions de veaux en France	20
4. Le système d'élevage des veaux de boucherie	21
5. Les facteurs de risque d'apparition des maladies respiratoires en élevage de veaux de boucherie.....	26
6. L'impact économique lié aux maladies respiratoires.....	32
7. Les mesures de gestion des maladies respiratoires mises en œuvre	32
II. Les principales affections respiratoires chez les veaux de boucherie.....	38
1. Les signes cliniques principaux chez les veaux de boucherie.....	38
2. La mise en évidence des agents étiologiques et des lésions pulmonaires	40
3. Les étiologies principales dans les troubles respiratoires des veaux de boucherie	43
III. L'évaluation et l'appréciation des poumons et des carcasses à l'abattoir.....	58
1. Les lésions visibles sur les poumons et sur les plèvres des veaux de boucherie à l'abattoir	59
2. Les données technico-économiques utilisées chez les veaux de boucherie à l'abattoir	62
IV. L'utilisation de grilles de notation pulmonaire en médecine porcine et bovine	66
1. Les grilles de notation pulmonaire chez les porcs.....	66
2. Les grilles de notation pulmonaire chez les bovins.....	69
PARTIE 2 : Étude spécifique : Établissement d'une grille de notation de lésions pulmonaires chez le veau de boucherie à l'abattoir	71
I. Matériel et méthodes.....	72
1. L'établissement de la grille de notation pulmonaire et sa reproductibilité.....	72
2. Le recueil des données à l'abattoir et conditions d'observation des poumons	73
3. La consommation d'antibiotiques.....	76
4. Les critères d'inclusion et d'exclusion	76
5. Les analyses statistiques réalisées	76

II.	Résultats	79
1.	Le choix de la grille et sa reproductibilité.....	79
2.	La présentation de l'échantillon étudié	80
3.	La représentation de score en fonction des élevages et des données de carcasse.....	81
4.	La distribution des données technico-économiques des carcasses au niveau individuel	84
5.	La distribution des veaux selon leur score pulmonaire.....	86
6.	La comparaison des distributions entre la classe pulmonaire et les données technico-économiques individuelles de la carcasse.....	87
7.	Les liens entre la classe de score pulmonaire et la consommation individuelle d'antibiotiques sur l'élevage G.....	91
III.	Discussion	94
1.	L'établissement de la grille et son utilisation	94
2.	L'apport de l'utilisation de la grille au niveau du lot.....	95
3.	L'apport de l'utilisation de la grille au niveau individuel.....	96
4.	Conclusion de la discussion	98
	Conclusion	99
	Bibliographie.....	101
	Annexes	111

Table des annexes

Annexe 1 : Tableau présentant différentes spécialités vaccinales utilisables chez les veaux de boucherie.....	111
Annexe 2 : Historique de la création de la grille de notation pulmonaire.....	113
Annexe 3 : Grille de notation pulmonaire utilisée à l'abattoir	117
Annexe 4: Script de la comparaison des notations et de l'étude du score pulmonaire	118
Annexe 5: Résumés statistiques du score pulmonaire en fonction des élevages	129
Annexe 6 : Résumés statistiques des notes d'état d'engraissement en fonction des élevages	129
Annexe 7 : Résumés statistiques des notes de conformation musculaire en fonction des élevages.....	130
Annexe 8 : Résumés statistiques des notes de couleur de carcasse en fonction des élevages	130

Table des figures

Figure 1 : Veaux de boucherie élevés sur caillebottis	22
Figure 2 : Veaux de boucherie élevés sur paille	23
Figure 3 : Veaux de boucherie nourris au DAL et élevés sur paille	24
Figure 4 : Veaux de boucherie nourris au seau	24
Figure 5 : Veaux de boucherie nourris à l’auge.....	25
Figure 6 : Schéma de l’organisation des bronches et des lobes pulmonaires des bovins, vue ventrale	27
Figure 7 : Schéma et photographie d’un poumon sain de veau de boucherie légendé, vue dorsale.....	28
Figure 8 : Diagramme en bâtons représentant le pourcentage d’élevage de veaux de boucherie touché par un épisode respiratoire en fonction de la semaine d’apparition.....	31
Figure 9 : Veau de boucherie présentant des signes de pneumonie.....	39
Figure 10 : Photographie de colonies de Mycoplasmes	55
Figure 11 : Photographie d’une génisse charolaise atteinte d’une otite, à la suite d’une infection à <i>Mycoplasma bovis</i>	57
Figure 12 : Schéma représentant les lésions de pneumonie lors d’entrée des agents pathogènes par voie respiratoire, en « V inversé »	60
Figure 13 : Photographie légendée montrant une atteinte sévère d’un poumon de veau de boucherie par des lésions de pneumonie.	60
Figure 14 : Photographie légendée montrant une atteinte minimale d’un poumon de veau de boucherie par une lésion de pneumonie, ou d’atélectasie congénitale, sous le lobe cardiaque caudal droit.	61
Figure 15 : Nuancier en cinq classes de la viande de veau	65
Figure 16 : Représentation du découpage des lobes utilisé pour la grille de notation des poumons à l’abattoir	73
Figure 17 : Photographie montrant la fressure, illustrant les conditions d’observation à l’abattoir.....	75
Figure 18 : Graphique représentant la corrélation entre les notes de score pulmonaire de l’opérateur 2 (en ordonnée) et de l’opérateur 1 (en abscisse).....	79
Figure 19 : Graphe de Bland et Altman	80
Figure 20 : Diagramme en boîte représentant les scores pulmonaires par élevages	82
Figure 21 : Schéma représentant les données technico-économiques de carcasse et les diagrammes en boîte représentant les scores pulmonaires, en fonction des lots.....	83
Figure 22 : Distribution des notes d’état d’engraissement.....	84
Figure 23 : Distribution des notes de conformation musculaire	85
Figure 24 : Distribution des notes de couleur de carcasse chez les veaux blancs	86

Figure 25 : Distribution du score pulmonaire, avec les classes de score pulmonaire associées	87
Figure 26 : Graphique représentant la note d'état d'engraissement de la carcasse en fonction de la classe de score pulmonaire	88
Figure 27 : Graphique représentant la note de conformation musculaire EUROP en fonction de la classe pulmonaire	89
Figure 28 : Graphique représentant la classe pulmonaire en fonction de la couleur de la carcasse chez les veaux blancs	90
Figure 29 : Graphique représentant le nombre de traitements antibiotiques à visée respiratoire différents reçu par veau, en fonction du score pulmonaire	92
Figure 30 : Graphique représentant le nombre de jours de traitement antibiotique à visée respiratoire par classe de durée de traitement, en fonction du score pulmonaire	93

Table des tableaux

Tableau I : Paramètres étudiés dans 13 essais de vaccins à visée respiratoire chez les veaux de boucherie.....	36
Tableau II : Prévalence de l'association de <i>Pasteurella multocida</i> à d'autres bactéries chez des jeunes veaux et des veaux plus âgés, en Suisse	52
Tableau III : Catégories, appellations et description de l'état d'engraissement des carcasses	63
Tableau IV : Catégories, appellations et description de la conformation musculaire de carcasse	64
Tableau V : Catégories et appellation de couleur des carcasses de veau de boucherie	65
Tableau VI : Notation attribuée par lobe en fonction de l'étendue des lésions de pneumonie chez les porcs, selon la grille de Madec	67
Tableau VII : Notation attribuée par lobe en fonction de l'étendue des lésions de pneumonie chez les porcs, selon la grille de notation simplifiée.....	67
Tableau VIII : Poids attribué à chaque lobe pulmonaire selon la grille de Straw et al.	68
Tableau IX : Taille de lésion maximale attribuée à chaque lobe selon la grille de Goodwin et al.	69
Tableau X : Note par lobe pulmonaire en fonction de l'étendue des lésions de pneumonie dans la troisième grille de notation pulmonaire	72
Tableau XI : Nombre de poumons de veaux observé par élevages.....	80
Tableau XII : Résumé statistique du score pulmonaire, sur 565 poumons.....	86
Tableau XIII : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction de l'état d'engraissement	87
Tableau XIV : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction de la conformation musculaire	89
Tableau XV : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction de la couleur de carcasse chez les veaux blancs.....	90
Tableau XVI : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction du nombre de traitements antibiotiques à visée respiratoire différents reçus par veaux, pour l'élevage G	91
Tableau XVII : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction du nombre de jours de traitement antibiotiques à visée respiratoire reçus par veaux, pour l'élevage G	93

Liste des abréviations et sigles

% : Pourcent

°C : Degrés celsius

µm : Micromètre

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AMM : Autorisation de mise sur le marché

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ARN : Acide Ribonucléique

ARNase : Ribonucléase

ATT : Aspiration trans-trachéale

BoHV-1 : Herpèsvirus bovin de type 1

BRSV : Virus respiratoire syncytial bovin

cm : Centimètre

CO₂ : Dioxyde de carbone

DAC : Distributeur automatique de concentrés

DAL : Distributeur automatique de lait

ELISA : Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

ENP : Écouvillon nasal profond

h : heure

IBR : Rhinotrachéite infectieuse bovine

IFN : Interféron

IgG : Immunoglobuline G

IPI : Infecté permanent immunotolérant

kg: Kilogramme

l : Litre

LBA: Lavage broncho-alvéolaire

LOS: Lipo-oligosaccharides

LPS: Lipopolysaccharide

MALDI-TOF MS: Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation Time Of Flight Mass Spectrometry

ml: Millilitre

NaCl : Chlorure de sodium

PBS: Phosphate Buffer Saline

PCR: Polymerase Chain Reaction

RT-PCR : Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction

TEC : Tonne équivalent carcasse

UV : Ultra-violet

VBVD : Virus de la Diarrhée Virale Bovine

VPI3 : Virus Parainfluenza Bovin de type 3

INTRODUCTION

L'élevage de veaux de boucherie est une filière intégrée d'engraissement de veaux majoritairement laitiers. Les maladies respiratoires occupent une place importante dans l'élevage des veaux de boucherie, de par les facteurs de risque nombreux et inhérents à ce type de production (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Les maladies respiratoires des veaux de boucherie sont multifactorielles, de nombreux agents pathogènes viraux et bactériens sont incriminés. Les conséquences de ces maladies sont d'une part économiques, avec des pertes directes liées aux coûts des traitements, et indirectes avec un déclassement des carcasses et une mauvaise croissance, et d'autre part sanitaires, avec une consommation d'antibiotiques quasi inévitable (Pardon et al. 2013). Leur impact sur le bien-être des animaux est également non négligeable (EFSA Panel on Animal Health and Animal Welfare (AHAW) et al. 2023).

Dans un contexte de lutte contre l'antibiorésistance et de protection du bien-être animal, il est important de mettre en place des mesures de gestion pour prévenir ces maladies respiratoires. Ces mesures de gestion peuvent être l'instauration d'une vaccination, ou la limitation des facteurs de risque, nombreux dans ces élevages. Il apparaît intéressant, pour réaliser un suivi des maladies respiratoires lors d'un essai de mesure de gestion sur le terrain, d'étudier l'état sanitaire du lot post-mortem, avec les données technico-économiques des carcasses, la consommation d'antibiotique des veaux et une quantification à l'abattoir des lésions pulmonaires.

L'objectif de ce travail est de créer une grille de notation de lésions pulmonaires, adaptée aux veaux de boucherie, facile à utiliser et d'étudier la corrélation entre la note pulmonaire attribuée au poumon et les données technico-économiques de la carcasse correspondante, ainsi que la corrélation entre la note du poumon et les données de morbidité comme la consommation individuelle d'antibiotique du veau. Cette grille constituerait un outil complémentaire pour le suivi des mesures de gestion des lots, ou dans le cadre d'essais vaccinaux par exemple.

La première partie présente l'élevage des veaux de boucherie en France, l'impact des maladies respiratoires, l'évaluation des poumons et des carcasses à l'abattoir et l'utilisation de grilles de notation pulmonaire en médecine porcine et bovine. La seconde partie de ce travail présente l'établissement d'une grille de notation pulmonaire adaptée aux veaux de boucherie à l'abattoir, et l'étude de la corrélation entre le score pulmonaire, les données technico-économiques des carcasses au niveau individuel et du lot, et la consommation d'antibiotiques à visée respiratoire.

PARTIE 1 : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE : L'ÉLEVAGE DE VEAUX DE BOUCHERIE ET LES MALADIES RESPIRATOIRES

I. L'élevage de veaux de boucherie en France

La filière veau de boucherie est une filière intégrée (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Les veaux de boucherie sont des animaux de moins de huit mois nourris au seau ou au distributeur automatique de lait (DAL) de façon très majoritaire (FranceAgriMer 2022). La France est un producteur majeur de veaux de boucherie en Europe (Sans, De Fontguyon 2009). La production française est principalement représentée par les veaux élevés de façon intensive, dont la conduite d'élevage est semblable entre les élevages (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Les facteurs de risque d'apparition des maladies respiratoires sont nombreux (Brscic et al. 2012). Les maladies respiratoires ont des impacts conséquents, ce qui implique la mise en place de mesures de gestion (Six et al. 2005).

1. Les caractéristiques de l'élevage de veaux de boucherie

La filière veau de boucherie est une filière intégrée, par les fabricants de poudre de lait (Sans, De Fontguyon 2009). L'intégrateur et l'éleveur, ou le groupement de producteurs, sont liés par un contrat d'intégration, dans lequel ils ont l'obligation réciproque de se fournir mutuellement des services ou des produits (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 1993). L'intégrateur est une entreprise industrielle ou commerciale, qui fournit à l'éleveur les animaux, la poudre de lait, les services des techniciens d'élevage et du vétérinaire, en échange de l'élevage des animaux (Sans, De Fontguyon 2009; Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Quatre-vingt-dix pour cent des veaux de la production française sont issus d'une production intégrée (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Dans le contrat d'intégration le nombre de bandes, ou lots, les durées d'engraissement et de vide sanitaire, les biens et services mis en œuvre et la propriété des moyens de production sont précisés. Les objectifs techniques pour la rémunération et les modalités de règlement sont également définis dans le contrat d'intégration (Leruste, Lensink 2014).

Les veaux sont rassemblés à partir de l'âge de huit jours jusqu'à trois semaines environ, en groupes homogènes de poids et d'âge puis transportés dans des élevages engraisseurs (Sans, De Fontguyon 2009). Ils reçoivent majoritairement une alimentation lactée, fournie par l'intégrateur de l'élevage, soit au seau, par groupe de deux à 12 veaux, ou grâce à des DAL, par groupe de 15 à 70 veaux (Sans, De Fontguyon 2009). Ils sont élevés majoritairement sur caillebotis en France, plus rarement sur paille (Briand, Coupin, Mathieu 2022). La majorité

des veaux mâles issus de troupeaux laitiers deviennent des veaux de boucherie (Sans, De Fontguyon 2009).

2. La production française

Les veaux laitiers mâles représentent la population majoritaire dans l'élevage de veaux de boucherie, pour plus de la moitié de la production (52 % en 2021), suivis par les veaux croisés de race allaitante et laitière (30 % en 2021) et les veaux allaitants (17 % en 2021)(Briand, Coupin, Mathieu 2022). La race majoritaire chez les veaux de boucherie français est la race Prim'Holstein (Leruste, Lensink 2014; Briand, Coupin, Mathieu 2022).

Les principaux bassins d'élevages intégrés en veaux de boucherie sont situés dans le Grand Ouest qui sont aussi les bassins de production laitière (Bretagne, Normandie, Pays de la Loire). Quatre-vingt-cinq pour cent des veaux de boucherie sont engraisés dans 6 000 ateliers en France (FranceAgriMer 2022). Sur 75 élevages Français suivis en 2020-2021, un peu plus d'un quart (28 %) sont des ateliers spécialisés en veaux de boucherie. Dans toutes les autres exploitations, d'autres ateliers sont présents (Briand, Coupin, Mathieu 2022).

En 2020, la France a produit 177 900 tonnes équivalent carcasse (TEC) de veau, ce qui représente 1,2 millions de veaux, et la place à la deuxième position du classement des pays producteurs de viande de veau en Europe (FranceAgriMer 2022).

3. Les différentes productions de veaux en France

Différents types de filières existent en France pour la production de viande de veau, comme la production de veaux « sous la mère » et « fermiers » et des productions plus intensives (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).

a. Les veaux « sous la mère » et les veaux « fermiers »

Les veaux « sous la mère » sont des veaux de race allaitante, élevés au pis jusqu'à l'âge de cinq mois. Les veaux « fermiers » sont des veaux de race bouchère ou laitière ou croisés, majoritairement élevés en cases individuelles et nourris au lait entier ou à l'aliment d'allaitement dans leur élevage d'origine (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Ces types de production ne sont pas abordés dans la suite de cette thèse.

b. La production intensive de veau

La production de viande de veau blanche

Les veaux présents en production intensive sont des veaux de race laitière, ou croisés. Ils sont séparés de la mère à la naissance, et nourris avec du lait en poudre ou du lait de mélange ou d'écart dans leur élevage d'origine. Il s'agit des génisses non destinées au renouvellement du troupeau laitier, ou des mâles non destinés à la reproduction. Ils sont

ensuite vendus à l'âge de huit à quinze jours à un marchand. Les veaux sont amenés à un centre d'allotement où ils sont répartis de façon à former des lots homogènes de taille et poids. Ces lots sont ensuite transportés dans des ateliers spécialisés, destinés à l'engraissement (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Ils y sont engraisés pendant environ 20 semaines, pour un objectif de poids de carcasse entre 130 et 145 kg, de couleur blanche à rosée claire (Leruste, Lensink 2014). Ces veaux sont appelés veaux blancs dans la suite de la thèse.

La production de viande de veau de grain, ou veau rosé

Les veaux de grain, ou veaux rosés, sont majoritairement des mâles, issus de races laitières comme les Holstein et les Montbéliards (Réussir bovins viande 2016). Après avoir été transportés et allotés comme les veaux de boucherie « classiques », les veaux de grain arrivent à l'âge de trois semaines dans l'élevage engraisseur (Réussir bovins viande 2016). Ils sont ensuite élevés pendant 26 semaines. Initialement, ils reçoivent du lait en poudre, et de l'aliment solide. Les veaux sont sevrés en lait après sept semaines passées dans leur élevage engraisseur, puis ils sont nourris majoritairement à base de grains de maïs entier (Deschamps 2016), de concentré et de paille, à volonté. Le poids de carcasse recherché varie entre 150 à 160 kg. La couleur des carcasses obtenue est plus foncée que les carcasses de veaux de boucherie. La viande produite est plutôt destinée à la restauration collective (Réussir bovins viande 2016). Ces veaux sont appelés veaux de grain ou veaux rosés dans la suite de la thèse.

4. Le système d'élevage des veaux de boucherie

La conduite des veaux de boucherie est similaire d'un élevage à l'autre, avec des différences selon le type de bâtiment et d'alimentation possibles (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).

a. La conduite des veaux de boucherie

L'élevage de veaux de boucherie se fait en bande. Il s'agit de la réalisation de lots d'animaux, avec un poids et un âge similaires, qui arrivent en même temps dans l'élevage et qu'ils quitteront en même temps. L'intervalle de temps entre deux bandes permet de réaliser un vide sanitaire. Cette conduite d'élevage en bande peut être appelée « tout plein, tout vide ». Entre les deux bandes, un curage et un nettoyage sont réalisés, puis une désinfection des bâtiments. La durée du vide sanitaire doit être de minimum trois semaines (Veissier, Bertrand, Toullec 2003), ce qui ne permet guère de réaliser plus de deux bandes par an (Leruste, Lensink 2014). Les veaux sont ensuite engraisés jusqu'à huit mois maximum (FranceAgriMer 2022).

b. Le logement des veaux de boucherie

L'élevage de veaux de boucherie se fait en bâtiment (Leruste, Lensink 2014). Plusieurs types de logement existent. Certains éleveurs font le choix d'élever 20 à 60 veaux dans des parcs, sur caillebotis (figure 1), ou sur paille (figure 2) plus rarement. Les élevages sur caillebotis représentent 92 % des places disponibles pour les veaux de boucherie en France (Briand, Coupin, Mathieu 2022). D'autres choisissent d'élever initialement leurs veaux en « baby-boxes » (figure 1), et agrandissent la case en enlevant certaines parois mobiles à partir de six semaines pour former une case collective de plus grande taille, pouvant contenir quatre à 12 veaux (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Le logement en case collective est obligatoire à partir de six semaines, et les cases individuelles doivent permettre le contact visuel et tactile entre les veaux (Le conseil de l'Union Européenne 2008). En France, en moyenne, on compte environ 225 veaux par lot, contre 679 en Belgique, et 606 aux Pays-Bas (Jarrige et al. 2017).



Figure 1 : Veaux de boucherie élevés sur caillebotis

Photographie de gauche : cases de dix veaux élevés sur caillebotis. Photographie de droite : cases de huit veaux, nourris à l'auge avec une barre au garrot. Source : Hauray Karine.



Figure 2 : Veaux de boucherie élevés sur paille

Photographie de gauche : cases de 50 veaux, avec un automate de distribution de lait à volonté par case. Photographie de droite : case de 100 veaux, avec un automate de distribution de lait à volonté pour 2 cases. Source : Hauray Karine.

La ventilation du bâtiment est soit active, via des systèmes de ventilation dynamique utilisant des ventilateurs, majoritaire en France (Jarrige et al. 2017; Veissier, Bertrand, Toullec 2003), soit passive via la ventilation naturelle, ou statique, par l'effet « cheminée » et l'effet « vent » (Veissier, Bertrand, Toullec 2003) dans une minorité d'élevages. Ces systèmes permettent la circulation de l'air dans l'élevage.

c. L'alimentation

Les veaux élevés en parcs ou en grandes cases sont nourris d'aliment d'allaitement grâce à un DAL, un automate de distribution de lait à volonté (figure 3), ou contrôlé avec une ration programmée individuellement (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).



Figure 3 : Veaux de boucherie nourris au DAL et élevés sur paille

Photographie de gauche : les veaux sont élevés dans une grande case collective, sur paille. Le DAL (distribution à volonté) est visible à gauche de la photographie, et une auge pour distribuer le grain longe la barrière. Source : Gardavaud Alice. Photographie de droite : système d'élevage similaire, avec des cases de 30 veaux, et un DAL (distribution à volonté) par case. Source : Hauray Karine.

Quand ils sont logés en cases de taille plus modeste, ils sont nourris au minimum deux fois par jour, au seau individuel (figure 4) ou à l'auge (figure 5) (Le ministre de l'agriculture et de la pêche 1997). De 2005 à 2007, sur 78 élevages français, les élevages aux seaux étaient majoritaires en France. Ils représentaient 80 % des lots chez les élevages de veaux de boucherie Prim'Holstein et 57 % des lots chez les élevages de veaux croisés (Martineau, Bertrand, Kergoulay 2007).



Figure 4 : Veaux de boucherie nourris au seau

Les veaux sont répartis en cases de cinq avec des cornadis, pour 215 places disponibles dans l'élevage. La distribution du lait se fait manuellement. Source : Hauray Karine.



Figure 5 : Veaux de boucherie nourris à l'auge

Les veaux sont élevés sur caillebotis, avec une barre au garrot. Source : Hauray Karine.

L'aliment d'allaitement est complet, présenté sous forme de poudre, qui se dilue dans l'eau. Cet aliment remplace le lait dans l'alimentation du veau de boucherie. Le lait est reconstitué dans le l'eau chauffée à 65°C, puis refroidi à 45°C et distribué via des canalisations à un pistolet ou une canne de distribution. Dans le cas d'un DAL, l'aliment est préparé automatiquement en amont, et chaque veau vient téter sur de mêmes tétines la quantité précise de lait reconstitué requise, ou à volonté (Leruste, Lensink 2014). Les veaux de grains sont nourris avec des aliments solides dès leur arrivée en élevage engraisseur, en complément de l'aliment d'allaitement. Ils sont nourris majoritairement à base de grains de maïs entier, de concentré et de paille à volonté (Réussir bovins viande 2016).

De l'eau doit pouvoir être fournie en quantité suffisante à partir de deux semaines d'âge (Le ministre de l'agriculture et de la pêche 1997). L'alimentation des veaux blancs est essentiellement lactée tout au long de leur élevage (lait en poudre reconstitué majoritairement), pour que la couleur de viande reste claire. Cependant, l'introduction d'aliment fibreux dans l'alimentation est obligatoire à partir de l'âge de deux semaines pour respecter les besoins comportementaux et physiologiques du veau, et adaptée tout au long de sa croissance (Le ministre de l'agriculture et de la pêche 1997). Cette alimentation fibreuse peut être constituée de paille, de foin, de granulés contenant des céréales par exemple, et distribuée dans un distributeur automatique de concentrés (DAC) ou manuellement au seau ou à l'auge (Veissier, Bertrand, Toullec 2003; Leruste, Lensink 2014).

5. Les facteurs de risque d'apparition des maladies respiratoires en élevage de veaux de boucherie

L'anatomie des animaux, l'environnement, l'alimentation, et le stress sont parmi les facteurs prédisposants aux maladies respiratoires, qui représentent une vraie problématique dans ces élevages (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).

a. Le veau, un facteur de risque d'apparition de maladies respiratoires

Le système immunitaire du jeune veau

Le système immunitaire du jeune veau est fonctionnel, mais n'est pas mature (Hulbert, Moisé 2016). Ses réactions immunitaires sont tardives. L'immunité du jeune est surtout passive, suite à sa prise de colostrum, qui doit être rapide, de bonne qualité et en quantité suffisante, un paramètre qui ne peut pas être contrôlé lors de son arrivée en élevage engraisseur (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Le colostrum apporte au jeune veau une immunité passive, en immunoglobulines G (IgG) qui reflète l'immunité de la mère, de ses vaccinations et du microbisme de son élevage. Elle n'est donc pas forcément adaptée au microbisme qu'il va rencontrer lors de son passage en centre d'allotement et dans son élevage engraisseur (Six et al. 2005). Le nombre d'anticorps maternels décroît progressivement, et on estime qu'ils ne protègent qu'imparfaitement le jeune veau vers l'âge de deux à trois semaines. Ces mêmes anticorps peuvent limiter le développement de l'immunité active du veau (Thiry, Schynts, Lemaire 2002). Vers 21 jours de vie, le veau a un « trou d'anticorps », il n'est plus protégé par l'immunité passive transmise par sa mère ni par son immunité, qu'il est en train de développer. De plus, le stress, et la sécrétion d'hormones corticosurréaliennes associée, limitent l'installation de l'immunité active du veau (Hulbert, Moisé 2016). Les veaux plus légers, qui sont probablement les plus jeunes, seraient également plus à risque (Taylor et al. 2010; Brscic et al. 2012; Meyer, Maillard 2020).

L'anatomie pulmonaire des bovins

Le poumon de bovin sain est de couleur rosée plus ou moins pâle, de consistance molle, spongieuse, élastique mais résistante. Les poumons présentent environ 1 % du poids vif du bœuf, ce qui est moins que le cheval par exemple (1,5 % du poids vif). Ils sont divisés en sept lobes par les scissures interlobaires, le poumon droit comptant quatre lobes et le poumon gauche trois lobes. Chez les bovins, la lobulation des poumons est très visible, car les cloisons conjonctives entre les lobules sont très épaisses et le poumon droit est plus développé que le poumon gauche (Barone 1997).

La trachée et les bronches permettent la circulation de l'air de l'appareil respiratoire supérieur jusqu'aux poumons. La trachée des bovins mesure de 55 à 65 cm chez les adultes avec un diamètre de quatre à cinq centimètres. Les bronches partent de la trachée et se

ramifient dans les poumons (figure 6). Elles ont une structure semblable à la trachée pour les bronches principales et se terminent en bronchioles de plus petit diamètre, et de structure plus simple, atteignant les lobules pulmonaires (Barone 1997).

Le poumon droit est composé du lobe crânial, du lobe cardiaque (ou lobe moyen), du lobe diaphragmatique (ou lobe caudal) et du lobe azygos (ou lobe accessoire). Le lobe cardiaque est divisé en deux lobes, le lobe cardiaque crânial et le lobe cardiaque caudal. Le poumon droit est de plus grande taille que le poumon gauche (Barone 1997). Dans cette thèse les nominations lobe crânial, lobe cardiaque crânial et caudal, lobe diaphragmatique et azygos sont retenues. Le poumon gauche est divisé en lobe crânial, lobe cardiaque (ou lobe moyen) et lobe diaphragmatique (ou caudal)(Barone 1997). Dans cette thèse, les nominations lobe crânial, lobe cardiaque et lobe diaphragmatique sont retenues (figure 7).

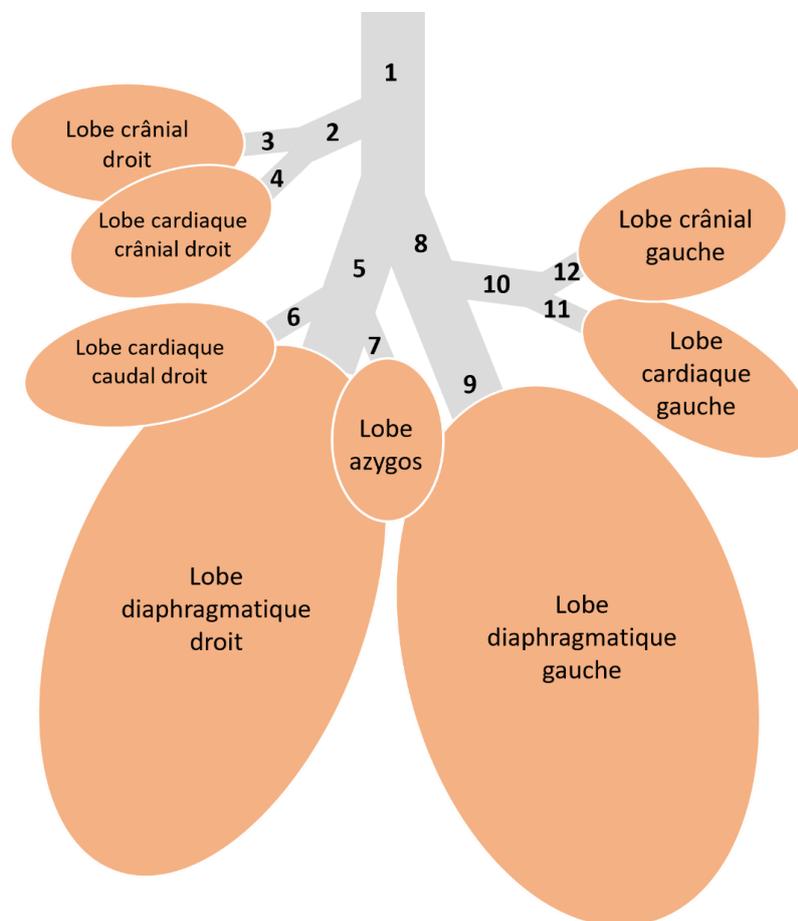


Figure 6 : Schéma de l'organisation des bronches et des lobes pulmonaires des bovins, vue ventrale

1. Trachée. 2. Bronche trachéale. 3. Bronche du lobe crânial droit. 4. Bronche du lobe cardiaque crânial droit. 5. Bronche principale droite. 6. Bronche du lobe cardiaque caudal droit. 7. Bronche du lobe azygos. 8. Bronche principale gauche. 9. Bronche du lobe diaphragmatique gauche. 10. Bronche du lobe crânial gauche. 11. Bronche du lobe cardiaque gauche. 12. Bronche du lobe crânial gauche. Source : Gardavaud Alice, d'après Barone, 1997.

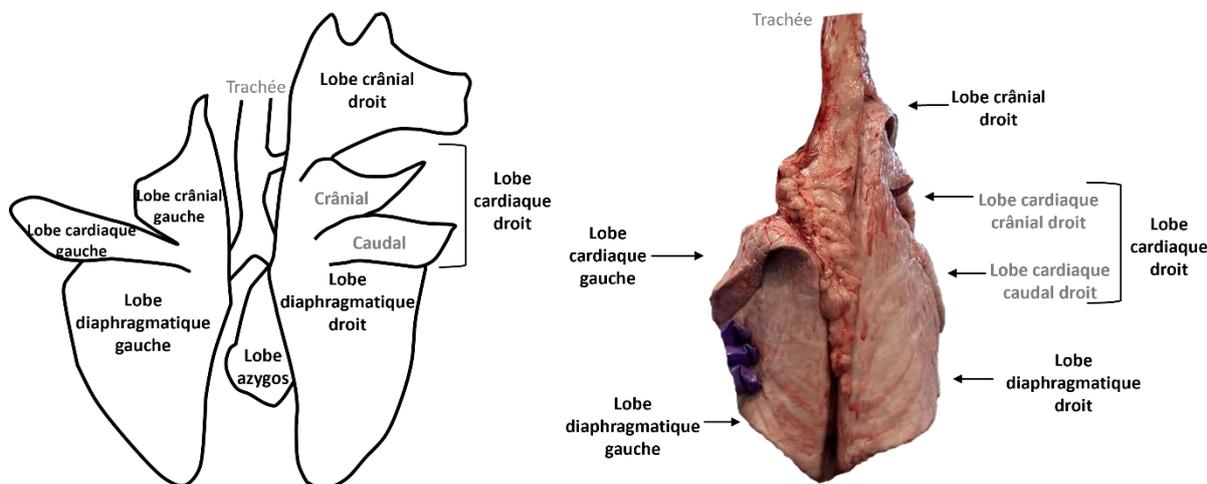


Figure 7 : Schéma et photographie d'un poumon sain de veau de boucherie légendé, vue dorsale

La photographie montre le poumon comme présenté à l'abattoir. En vue dorsale, les lobes crânial droit, cardiaque crânial et caudal droit, et diaphragmatiques droit et gauche sont visibles. Les lobes crânial gauche et azygos ne sont pas visibles. Sources : modifié d'après Bressou, 1978, et Arcangioli Marie-Anne.

Les bovins ont physiologiquement un faible volume pulmonaire, ce qui diminue leur capacité respiratoire, surtout si leur masse musculaire est importante (Leruste, Lensink 2014; Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Leur tissu pulmonaire est pauvre en capillaires sanguins, en comparaison d'autres animaux d'élevage, et plus riche en tissu conjonctif, ce qui limite les échanges gazeux. Il n'y a pas de jonctions collatérales entre les alvéoles, ce qui facilite l'extension des lésions en cas de bronchite ou bronchiolite (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Les bovins possèdent également peu de macrophages alvéolaires, qui produisent des lysozymes en faible quantité, ce qui a pour conséquence d'affaiblir leur réponse aux infections, et les lobes pulmonaires cranio-ventraux sont relativement faiblement perfusés en oxygène (Herenda, Franco 1991). Le jeune veau est donc un animal fragile, prédisposé aux maladies respiratoires (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).

Les affections concomitantes et l'anémie présente chez les veaux de boucherie

Les veaux de boucherie de moins de trois semaines sont très sujets aux maladies. Ils peuvent présenter de la diarrhée, concomitante aux maladies respiratoires, ce qui participe à leur affaiblissement. Les jeunes veaux blancs sont également souvent sub-anémiés dans ce type d'élevage, suite à leur mode d'alimentation, ce qui constitue un facteur de risque supplémentaire à l'apparition de maladies respiratoires (Meyer, Maillard 2020; Six et al. 2005).

Cette anémie ferriprive pourrait provoquer une hyperventilation compensatrice, qui favoriserait les problèmes respiratoires (Six et al. 2005).

b. Les facteurs de risques liés à ce type d'élevage

De par son anatomie et sa physiologie, auxquels s'ajoutent d'autres facteurs de risque, liés à ses conditions d'élevage, le veau est prédisposé aux maladies respiratoires (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).

L'allotement et le transport

Le tri des veaux, le chargement, le transport et l'allotement sont des facteurs de risque importants de ce type d'élevage (Taylor et al. 2010; Meyer, Maillard 2020; Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Les veaux sont soumis à des variations conséquentes de température et d'humidité à leur arrivée dans le centre d'allotement, par rapport à leur élevage naisseur. Les changements de milieux et l'allotement d'animaux jeunes venant d'élevages différents entraînent un mélange de microbisme considérable, et un stress social majeur (Hulbert, Ballou 2012).

L'abreuvement avant et pendant le trajet des veaux n'est pas contrôlé, les veaux sont donc potentiellement affaiblis et déshydratés à leur arrivée dans le centre de tri et présentent une sensibilité physiologique importante (Veissier, Bertrand, Toullec 2003; Six et al. 2005). Mormede *et al.* (1982) ont réalisé des bilans biochimiques de veaux après un transport de longue ou de courte durée. Les animaux ayant été transportés plus longtemps présentaient une déshydratation et une hypoglycémie plus importantes et étaient plus fréquemment traités contre les maladies respiratoires au début de leur élevage. Cependant, on observait également une diminution du glucose et des triglycérides sanguins chez tous les animaux ayant été transportés. La durée du temps de trajet n'impactait toutefois pas le gain moyen quotidien, la prise de boisson, le poids de carcasse, la couleur, la conformation EUROP et l'état d'engraissement (Mormede et al. 1982).

Les bâtiments d'engraissement

Les facteurs d'ambiance mal maîtrisés dans les bâtiments d'engraissement sont un facteur de risque de ce type d'élevage (Meyer, Maillard 2020). La température idéale pour les jeunes veaux est de 14°C environ au démarrage, puis 12°C. Le confort thermique va dépendre du type de sol, de l'isolation et de la ventilation du bâtiment. La litière paillée permet d'apporter du confort thermique mais doit aussi être propre, ne pas dégager trop de chaleur, d'ammoniac ou d'humidité. Ce type de litière est obligatoire pour les veaux de moins de quinze jours. Brscic *et al.* (2012) ont cependant montré dans une étude de 2012 que les litières en paille ou caoutchouc allaient de pair avec une respiration difficile chez les jeunes veaux, ce qui pourrait être expliqué par de forts dégagement de poussière dans le cas de litière paillée. Les caillebotis privent les veaux d'une isolation thermique, et favorisent les dégagements de

gaz (Six et al. 2005). La ventilation est un des paramètres d'ambiance le plus difficile à gérer. Elle ne doit pas être trop élevée pour ne pas créer de courants d'air (Six et al. 2005), auxquels les veaux sont très sensibles (Brscic et al. 2012), notamment en hiver avec des températures froides. Il faut cependant une ventilation minimale en hiver pour éviter l'accumulation de vapeur d'eau, ou les gaz nocifs (comme l'ammoniac par exemple) qui amenuisent la capacité respiratoire des veaux (Six et al. 2005).

Le dispositif d'alimentation impacte également la santé des veaux. Les auges partagées au début de l'engraissement seraient un facteur de risque de toux car, les jeunes veaux ayant été habitués à boire via des tétines seraient plus à même d'avaler le lait par le nez. Ce système serait moins risqué pour les veaux plus âgés, probablement car les auges seraient plus propres et plus faciles à nettoyer que seaux individuels (Brscic et al. 2012). Dans les élevages comportant des DAL, la surveillance des veaux malades et de l'alimentation correcte des veaux est plus difficile qu'en case individuelle (sauf s'ils ont des colliers enregistreurs), et la contagiosité est plus large via les contacts entre les veaux et par les tétines (Six et al. 2005; Arcangioli et al. 2021). Arcangioli *et al.* (2021) ont montré que l'élevage des veaux en petits lots nourris au seau individuellement diminue l'infection par *Mycoplasma bovis*, par rapport au système DAL. Dans le cas de lots de très grande taille (plus de 200 animaux), le type de système d'alimentation n'a pas d'influence sans doute par rapport au grand nombre de veaux susceptibles de porter ce pathogène (Arcangioli et al. 2021).

La densité des animaux dans ces élevages cause un stress social majeur chez le veau lors de son arrivée dans des cases collectives de grande taille (Hulbert, Ballou 2012). Les cases individuelles au début de l'élevage des veaux, permettent de réduire le jetage nasal et la toux chez les veaux, en réduisant les contacts entre animaux. Cependant, le logement en cases individuelles plus de quatre semaines apparaît comme un facteur de risque de toux et de jetage nasal plus tard lors de l'engraissement. Ceci pourrait être expliqué par le stress chronique causé par le manque d'interactions sociales entre les animaux (Brscic et al. 2012). Ce n'est pas le cas dans les élevages aux normes en France, où la durée de logement en cases individuelles est limitée (Le conseil de l'Union Européenne 2008).

Le facteur humain

Une fréquence élevée de visites par l'éleveur et le vétérinaire, et l'expérience de l'éleveur limitent les risques de désordres respiratoires, par des interventions plus précoces sur les animaux malades (Brscic et al. 2012; Meyer, Maillard 2020). Les contacts doux avec les animaux permettent également de limiter le stress des animaux, et participent à la limitation des désordres respiratoires (Six et al. 2005).

c. La chronologie des affections respiratoires dans les élevages de veaux de boucherie

Les troubles respiratoires peuvent survenir dès la première semaine après l'arrivée des veaux dans l'élevage engraisseur. Pardon et *al.* (2011) rapportent dans une étude réalisée en Belgique, des épisodes respiratoires d'apparition progressive. La majorité des élevages sont atteints à partir de la deuxième semaine d'élevage (figure 8), avec un jour moyen d'apparition de maladie respiratoire le 22^{ème} jour après l'arrivée des veaux (Pardon et al. 2011). D'autres troubles respiratoires peuvent survenir après trois semaines dans l'élevage, il s'agit de la période à laquelle les veaux sont soumis au trou immunitaire (Hulbert, Moisé 2016).

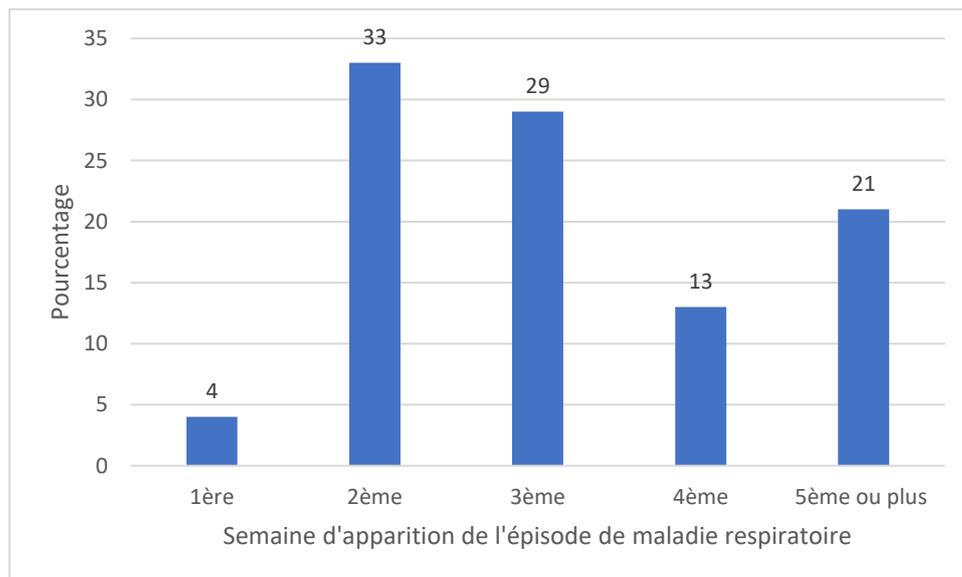


Figure 8 : Diagramme en bâtons représentant le pourcentage d'élevage de veaux de boucherie touché par un épisode respiratoire en fonction de la semaine d'apparition

L'étude ayant donné ces résultats a eu lieu en Belgique, en 2011. Source : d'après Pardon et al., 2011.

Les troubles respiratoires après le premier mois d'engraissement sont moins fréquents et résultent plus des paramètres d'ambiance, du bâtiment et des conditions d'élevage. La cause peut être non infectieuse. Des épisodes respiratoires aigus peuvent apparaître en fin d'été ou d'automne, lors de la rentrée en étable de lots de bovins adultes, dans les élevages avec un autre atelier. Ils sont souvent liés au passage du virus respiratoire syncytial bovin (BRSV) (Six et al. 2005).

6. L'impact économique lié aux maladies respiratoires

L'impact économique lié aux maladies respiratoires dans ce type d'élevage est conséquent. Les pertes économiques sont liées aux coûts des traitements médicaux, ainsi qu'au déclassement des carcasses et aux pertes de croissance.

Les maladies respiratoires représentent 46 % des coûts médicaux des élevages de veaux de boucherie, devant la prophylaxie (43 %), les troubles digestifs (6 %), locomoteurs et nerveux (3 %). En moyenne, 2,2 traitements collectifs à visée respiratoire sont réalisés sur la durée d'élevage d'une bande (Martineau 2012). Les maladies respiratoires sont la première cause de traitement collectif (dans 53 % des cas), devant les traitements prophylactiques à l'arrivée des veaux et les maladies digestives (Pardon, Catry, et al. 2012). Le taux de rechute des maladies respiratoires est de 48 %. Les maladies respiratoires sont aussi la cause principale de traitement antibiotique individuel (Martineau 2012).

En plus de la perte financière directe liée au coût des traitements, les maladies respiratoires peuvent entraîner un déclassement des carcasses, si celles-ci ont un poids inférieur à 90 kg (Six et al. 2005). En effet, pour un épisode de maladie respiratoire, un veau perd en moyenne huit kilogrammes de poids de carcasse. Pour un veau de race Prim'Holstein, ceci représente une perte financière de 36,8 euros (donnée de 2013). La perte de poids est encore plus importante en fonction du nombre d'épisodes de maladie respiratoire (Pardon et al. 2013). De façon globale, les animaux traités contre les maladies respiratoires ont un gain moyen quotidien plus faible et un poids de carcasse plus faible que les animaux non affectés (Schneider et al. 2009; Ames 1997; Frankena et al. 1994). Les maladies respiratoires peuvent également causer une mortalité importante dans les lots, et entraîner une perte financière directe pour l'éleveur (Lava et al. 2016).

7. Les mesures de gestion des maladies respiratoires mises en œuvre

a. L'utilisation d'antibiotiques dans l'élevage de veaux de boucherie en France

L'indication la plus fréquente d'un traitement antibiotique en élevage de veau de boucherie est une maladie respiratoire (Pardon, Catry, et al. 2012), devant les troubles digestifs (Jarrige et al. 2017). Le recours à la métaphylaxie, voire à l'antibio-prévention (maintenant interdite), est souvent nécessaire (Six et al. 2005; Meyer, Maillard 2020). Des anti-inflammatoires peuvent également être administrés pour limiter les lésions pulmonaires (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).

En moyenne, les veaux de boucherie reçoivent 8,55 traitements antibiotiques au cours de leur élevage (écart-type : 2,21 ; distribution : 2,75 – 15,86). Les antibiotiques utilisés sont majoritairement administrés collectivement (95,8 % des traitements) et par voie orale, à leur

arrivée en élevage. En moyenne, 17,1 kg de principes actifs antibiotiques sont délivrés par lot de veaux (Jarrige et al. 2017). En Bretagne, de 2008 à 2010 jusqu'à 52 % des veaux de boucherie ont été concernés par un traitement collectif à visée respiratoire lors de leur élevage (Martineau 2012). Pardon *et al.* (2012) rapportent que sur 126 traitements antibiotiques administrés pour un lot, en Belgique, 13 % ont été administrés immédiatement après l'arrivée des veaux, en prophylaxie, et 87 % en métaphylaxie ou curativement (Pardon, Catry, et al. 2012). La métaphylaxie consiste à traiter l'ensemble d'un lot si plus de 5 à 10 % des veaux sont traités individuellement pour une pathologie (Leruste, Lensink 2014; Meyer, Maillard 2020). Ces traitements antibiotiques de groupe sont souvent donnés quelques jours après l'arrivée d'un nouveau lot (Jarrige, Chantepedrix, Gay 2018). Les traitements utilisés sont principalement des tétracyclines, des polypeptides (notamment la colistine), des macrolides et des sulfonamides (Jarrige et al. 2017).

Les antibiotiques utilisés contre les bactéries respiratoires doivent bien diffuser dans le poumon, comme les macrolides, les quinolones, les phénicolés ou les tétracyclines (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). L'antibiothérapie doit être adaptée aux résistances naturelles de *Mycoplasma bovis*, un agent pathogène respiratoire majeur et aux résistances acquises des Pasteurelles (Pardon et al. 2011). L'utilisation d'antibiotiques critiques comme les céphalosporines et fluoroquinolones de troisième et quatrième génération est rare et doit être évitée (Jarrige et al. 2017).

Les antibiotiques majeurs de groupe pour lutter contre les bactéries respiratoires donnés oralement en élevage de veaux de boucherie sont majoritairement l'oxytétracycline et la doxycycline, ainsi que les associations tylosine, oxytétracycline et tylosine, doxycycline. La tylosine et l'association sulfamides-triméthoprime sont utilisés dans une plus moindre mesure (Pardon, Catry, et al. 2012).

Des résistances bactériennes nombreuses sont apparues à la suite de l'utilisation des antibiotiques (Six et al. 2005), il est important d'avoir un usage limité et raisonné des antibiotiques. Le plan Ecoantibio² vise à maintenir la diminution de l'utilisation des antibiotiques et à favoriser la prévention des maladies, pour limiter l'antibiorésistance (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 2017).

b. L'utilisation de la vaccination contre les maladies respiratoires en élevage de veaux de boucherie

La prophylaxie vaccinale peut être employée pour lutter contre les maladies respiratoires chez les veaux de boucherie (Veissier, Bertrand, Toullec 2003), de nombreuses études permettent d'établir les effets d'une vaccination.

La vaccination chez les veaux de boucherie

Des vaccins destinés à protéger les bovins de différents agents pathogènes respiratoires, viraux ou bactériens sont disponibles en France. Certains des vaccins utilisables en élevage de veaux de boucherie sont présentés en annexe 1. L'administration se fait de façon sous-cutanée, intranasale ou intramusculaire. Ils sont majoritairement destinés à protéger les animaux des infections virales, comme le virus respiratoire syncytial bovin (BRSV) et le virus parainfluenza 3 (VPI3). Certains vaccins sont actifs contre des bactéries ou les leucotoxines produites par ces bactéries, comme *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, ou très récemment *Mycoplasma bovis*.

La vaccination contre les maladies respiratoires virales n'est toutefois pas une pratique très fréquente en élevages de veaux de boucherie. En effet, dans une étude publiée en 2017, menée en France par Jarrige *et al.* (2017) sur 186 lots de veaux de boucherie venant de 93 élevages, des vaccins contre les maladies respiratoires ont été administrés dans seulement 31,2 % des lots. La vaccination ne concernait que quelques veaux ou l'ensemble du lot (Jarrige *et al.* 2017). La vaccination a généralement lieu au moment de la mise en lot. L'épisode de maladie respiratoire se déclenche dans le mois qui suit, et l'immunisation conférée par le vaccin n'a parfois pas le temps de se mettre en place. Le veau possède encore des anticorps maternels à son arrivée dans l'élevage engraisseur, la répétition des injections est nécessaire (Arcangioli, Becker 2014; Ellis, Gow, Goji 2010). La vaccination intranasale interférerait moins avec les anticorps maternels qu'une vaccination intra-musculaire (Hulbert, Moisé 2016). Finalement, une vaccination avant la mise en lot, dans l'élevage naisseur, serait à préférer pour protéger au mieux les veaux à leur arrivée en élevage engraisseur (Tresse *et al.* 2008).

Comme la composante virale est importante lors de maladie respiratoire chez les veaux de boucherie, il peut être intéressant économiquement de mettre en place une vaccination. Cependant, l'effet de ces actions reste à déterminer (Pardon *et al.* 2011). Des vaccins antibactériens causent parfois une amplification des réactions immunitaires, et certains vaccins contre *Mycoplasma bovis* par exemple ont montré des effets secondaires, ou peu d'efficacité aux États-Unis (Arcangioli, Becker 2014). Cela ne semble pas le cas des vaccins à application intranasale qui ont montré leur efficacité expérimentalement contre le VPI3, le BRSV (Bryson *et al.* 1999; Ellis *et al.* 2007; 2013). Certains vaccins semblent diminuer l'étendue des lésions pulmonaires (Frankena *et al.* 1994; Ellis, Gow, Goji 2010; Ollivett *et al.* 2018; Ellis *et al.* 2013), améliorent le gain moyen quotidien des veaux (Sandelin *et al.* 2020; Ollivett *et al.* 2018). Ellis *et al.* (2007) ont montré expérimentalement qu'une application intra-nasale d'un vaccin contre le BRSV permet une réduction des signes cliniques et que deux applications permettent de protéger de la maladie (Ellis *et al.* 2007). La vaccination dans les systèmes au DAL à l'arrivée des veaux en élevage a permis de diminuer la prévalence du BRSV, avec passage de la moitié des échantillons positifs au BRSV en 2002 à un prélèvement sur cinq en 2005 (Six

et al. 2005). Dans une étude menée en Suisse par Lava *et al.* (2016), la vaccination contre les maladies respiratoires est associée à une diminution du taux de mortalité des veaux. Ce résultat a été obtenu sachant que la majorité des veaux ne sont pas vaccinés dans leur élevage d'origine, et que ceux qui sont vaccinés le sont par lot de cinq, à cause du conditionnement des vaccins. Malgré ces limites, la vaccination est efficace. Ceci suggère qu'une optimisation des stratégies vaccinales pourraient conduire à contrôler d'avantage les maladies respiratoires et réduire la mortalité chez les veaux de boucherie (Lava et al. 2016). Cette idée est retrouvée chez Frankena *et al.* (1994) (Frankena et al. 1994).

Les paramètres utilisés dans les essais de vaccination contre des agents pathogènes respiratoires chez les veaux de boucherie

Des articles rapportant des essais de vaccins sont présentés dans le tableau I. Ces articles ont été sélectionnés dans Google Scholar, entre 1990 et 2023, avec les mots clés « calves, vaccine, respiratory » et concernent des essais vaccinaux bactériens ou viraux chez des veaux. Les essais réalisés dans le cadre des maladies respiratoires sont plus souvent expérimentaux, avec des conditions d'élevage contrôlées (Ellis, Gow, Goji 2010; Ellis et al. 2007; 2013). Plusieurs paramètres sont utilisés pour mesurer l'impact d'une vaccination chez les veaux de boucherie. Les signes cliniques sont les plus fréquemment utilisés (Ollivett et al. 2018; Ellis, Gow, Goji 2010; Ellis et al. 2007; 2013; Jourquin et al. 2023). Certains d'entre eux utilisent des scores cliniques. Ollivett *et al.* (2018) utilisent un score clinique prenant en compte plusieurs signes cliniques (la température, la toux, la position des oreilles, le jetage nasal et l'épiphora), ce qui permet de définir quel veau est considéré comme malade (Ollivett et al. 2018). Ellis *et al.* (2010, 2013) prennent en compte les signes de dépression, la fréquence respiratoire, l'intensité de la dyspnée et la toux. Ce score clinique permet de définir l'intensité de la maladie chez les veaux atteints (Ellis, Gow, Goji 2010; Ellis et al. 2013). L'échographie pulmonaire est utilisée dans certains essais plus récents (Ollivett et al. 2018; Jourquin et al. 2023). L'étude des poumons post-mortem, après euthanasie dans les essais contrôlés, est également souvent réalisée. L'étendue des lésions de pneumonie se fait parfois en prenant des photographies des faces ventrales et dorsales des poumons pour établir un pourcentage d'atteinte (Ellis, Gow, Goji 2010). Les données technico-économiques des carcasses sont plus rarement utilisées (Frankena et al. 1994).

Tableau I : Paramètres étudiés dans 13 essais de vaccins à visée respiratoire chez les veaux de boucherie

Paramètre étudié		Nombre d'essais
Mortalité		9
Signes cliniques		11
Recherche indirecte du virus		7
Recherche directe du virus	ATT ^a	1
	ENP ^b	5
	LBA ^c	2
	Poumon	1
Données technico-économiques	GMQ ^d	5
	Couleur, état d'engraissement, conformation musculaire ^e	1
	Poids	4
Examen pulmonaire	Echographie	2
	Lésions pulmonaires post-mortem ^f	8
Traitements antibiotiques	Nombre de traitements	3
	Nombre de jours de traitement	1
	Coût	1
Autres	PaO ₂ ^g	3

Six essais ont eu lieu dans des conditions contrôlées, et sept sur le terrain. ^aATT = Aspiration trans-trachéale, ^bENP = Ecouvillon nasal profond, ^cLBA = Lavage broncho-alvéolaire, ^dGMQ = Gain moyen quotidien, ^eCes données sont fournies par l'abattoir et concernent les carcasses, ^fLa quantification des lésions pulmonaires se fait soit en mesurant l'étendue des lésions de consolidation grâce à des photographies ventrales et dorsales des poumons, soit en pourcentage de poumons anormaux, ^gPaO₂=Pression artérielle en oxygène. Sources : Windeyer et al., 2012; West et al., 1999; Nicholas et al., 2019; Yarnall et al., 2022; Nicholas, Ayling, Stipkovits, 2002; Jourquin et al., 2023; Bryson et al., 1999; Ellis, Gow, Goji, 2010; Ellis et al., 2007; 2013; Sandelin et al., 2020; Ollivett et al., 2018; Frankena et al., 1994.

c. La gestion environnementale et hygiénique des maladies respiratoires

La gestion des maladies respiratoires chez les veaux de boucherie passe par une bonne ambiance du bâtiment. Il faut que le bâtiment soit correctement ventilé, avec une hygrométrie correcte (une hygrométrie idéale se situe entre 60 et 70 % à 15°C), et une température correspondant à l'idéal thermique des veaux et à adapter en fonction de l'âge des animaux et du type de sol dans le bâtiment (paille ou caillebotis). Les variations brusques des paramètres d'ambiance doivent être limitées (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). La qualité chimique de l'air est importante dans la gestion des maladies respiratoires. Les veaux élevés sur caillebotis sont particulièrement soumis à des gaz nocifs provenant du lisier, comme l'ammoniac, le gaz carbonique, le sulfure d'hydrogène et le méthane. L'irritation provoquée par ces gaz diminue les défenses immunitaires locales, et participe à l'installation des pathologies respiratoires (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).

La conduite en bande et le curage-nettoyage-désinfection prend tout son sens dans la gestion des maladies respiratoires. Ces mesures permettent de nettoyer toutes les installations entre chaque lot de veaux. Le vide sanitaire réalisé permet de tarir les sources d'agents pathogènes, et de compléter l'action de la désinfection (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Cependant pour certains agents pathogènes, ce nettoyage pourrait être insuffisant, notamment si les agents peuvent survivre dans des biofilms (Arcangioli et al. 2021).

La limitation des contacts rapprochés entre animaux pourrait prévenir l'apparition des maladies respiratoires. Élever les jeunes veaux en cases individuelles à leur arrivée en élevage engraisseur prévient l'apparition de ces maladies, en limitant les contacts entre eux (cf Partie 1.1.5.b.).

Il faut également prévenir les déséquilibres alimentaires, en assurant une alimentation de bonne qualité et en bonne quantité, limiter les manipulations stressantes et traiter contre le parasitisme (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).

La surveillance de l'élevage par un éleveur expérimenté et des contrôles réguliers d'un vétérinaire constituent également un facteur important dans la gestion et la prévention des maladies respiratoires chez les veaux de boucherie (Brscic et al. 2012).

II. Les principales affections respiratoires chez les veaux de boucherie

Étant donné l'importance des impacts des maladies respiratoires dans les élevages de veaux de boucherie, économiquement, en termes de bien-être animal et d'antibiorésistance, il apparaît important d'agir sur tous les leviers d'action disponibles pour prévenir ces maladies, diminuer les facteurs de risque et soigner les veaux atteints efficacement. La surveillance attentive des animaux permet de détecter les individus malades et de pouvoir les traiter de façon adéquate. Les veaux peuvent exprimer des signes cliniques plus ou moins spécifiques lors d'une infection respiratoire. Différentes méthodes de prélèvement peuvent être utilisées pour déterminer l'agent pathogène en cause, l'étiologie des maladies respiratoires étant principalement virale et/ou bactérienne (Meyer, Maillard 2020).

1. Les signes cliniques principaux chez les veaux de boucherie

Les premiers cas de maladies respiratoires débutent généralement quelques jours après l'arrivée des veaux dans l'élevage engraisseur (Arcangioli et al. 2008; Pardon et al. 2011). Parmi les signes cliniques les plus fréquents se trouvent un jetage nasal clair, une respiration laborieuse et accélérée, une augmentation des bruits respiratoires, de la toux (Arcangioli et al. 2008; Meyer, Maillard 2020; Martineau 2012). Le jetage nasal est le signe respiratoire le plus fréquemment observé, avec un pic de prévalence à trois semaines (Leruste et al. 2012). Lors de l'auscultation pulmonaire on peut entendre des bruits surajoutés du type sifflements ou râles, signes d'une oblitération des bronches et de bronchospasme, ainsi que des crépitements, en cas d'emphysème interstitiel (Meyer, Maillard 2020), voire une atténuation des bruits respiratoires en cas de pleurésie exsudative ou d'emphysème majeur (Arcangioli, Becker 2014). De l'épiphora, une conjonctivite, une kératite peuvent également être présents (Arcangioli, Becker 2014), ainsi que des oreilles tombantes, ou la tête penchée qui sont des signes d'une otite moyenne (Berman et al. 2022). Certains animaux peuvent présenter une détresse respiratoire aiguë. Dans ce cas, l'animal a l'encolure étendue (figure 9), avec une respiration accélérée et courte, gueule ouverte avec parfois une mobilisation des naseaux (Arcangioli, Becker 2014), et les membres antérieurs sont écartés (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Leruste *et al.* (2012) rapportent que jusqu'à 28 % des veaux peuvent être atteints de symptômes respiratoires dans un même lot (Leruste et al. 2012).



Figure 9 : Veau de boucherie présentant des signes de pneumonie

Ce veau tient son encolure étendue, sa tête est basse et ses oreilles sont tombantes. Son état de maigreur indique qu'il est dysorexique, voire anorexique. Source : Hauray Karine.

D'autres signes cliniques moins spécifiques peuvent être mis en évidence, comme un abattement, un isolement de l'animal, une dysorexie (Pardon et al. 2011; Meyer, Maillard 2020), ainsi qu'une température rectale supérieure à 39,5°C (Arcangioli et al. 2008; Martineau 2012). Il est à noter que l'hyperthermie est le signe clinique non spécifique le plus précoce (Timsit et al. 2011) et le plus fréquent, car rencontré chez presque 10 % des veaux traités (Martineau 2012).

La visualisation des signes cliniques est importante pour la gestion médicale rapide des veaux atteints de maladies respiratoire. De nombreux système de score clinique sont utilisés dans le cadre d'essais vaccinaux (Sandelin et al. 2020; Ellis, Gow, Goji 2010; Bryson et al. 1999). Berman *et al.* (2022) ont proposé un système de notation des signes cliniques prenant en compte des signes comme la toux, les oreilles tombantes, la tête penchée et une augmentation de la température rectale, pour déterminer la probabilité d'être en face d'un épisode de maladie respiratoire au niveau individuel et du lot. Cette approche était destinée à rendre l'utilisation des antibiotiques plus précise et raisonnée (Berman et al. 2022).

Les maladies respiratoires impactent négativement le bien-être des veaux (EFSA Panel on Animal Health and Animal Welfare (AHAW) et al. 2023; Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Selon le Welfare Quality Protocole, une mauvaise santé impacte le bien-être des animaux, ce qui est le cas lors d'affections respiratoires. Pour prendre en compte les maladies respiratoires sur le bien-être des veaux, ce protocole se base sur l'observation de signes cliniques respiratoires (la toux, les éternuements, l'augmentation de la fréquence respiratoire, le jetage et l'épiphora) (Welfare quality research project 2009).

2. La mise en évidence des agents étiologiques et des lésions pulmonaires

La réalisation de prélèvements est nécessaire pour mettre en place un traitement antibiotique adéquat, ou pour connaître les souches circulantes dans un élevage, ce qui permettrait l'usage d'une vaccination ciblée.

La réalisation du prélèvement doit se faire sur un animal malade qui va être représentatif de l'épisode respiratoire en cours et qui n'a pas été traité par des antibiotiques (en cas de recherche de bactéries). Il faut, dans l'idéal, prélever l'animal moins de trois jours après l'apparition des premiers signes cliniques. C'est l'hyperthermie, qui est le signe le plus précoce de l'infection respiratoire. Une contention physique trop importante ne doit pas être réalisée sur des veaux présentant un syndrome de détresse respiratoire (Meyer, Maillard 2020).

Ces prélèvements au niveau de l'appareil respiratoire permettent l'identification des agents pathogènes présents. D'autres prélèvements peuvent aussi se réaliser, après la mort ou l'euthanasie de l'animal, comme dans le cadre d'essais vaccinaux (Ellis, Gow, Goji 2010).

a. Le lavage broncho-alvéolaire (LBA)

Le matériel utilisé

Pour réaliser un LBA, il faut une sonde nasotrachéale en silicone (ou éventuellement une sonde alimentaire stérilisée), trois seringues stériles de 50 ml, et du sérum physiologique stérile (chlorure de sodium (NaCl) 0,9 %). L'animal doit être fermement contenu. (Meyer, Maillard 2020).

La technique de prélèvement

Une contention physique ferme (et/ou chimique par inhalation) est réalisée. Pour les veaux de moins de 300 kg, la sonde est introduite par voie nasale, après nettoyage des nasaux. Une toux doit être entendue lors de la progression dans la trachée. Une sonde de plus petit diamètre peut être introduite dans la sonde en place jusqu'aux premiers anneaux trachéaux pour limiter les contaminations lors du passage dans la cavité nasale. La tête et le cou sont tenus en extension lors de la manipulation. Du liquide physiologique est injecté dans la sonde en place (100 ml), à l'aide d'une seringue. Le volume d'air mort de la sonde est réaspiré à l'aide de la même seringue, puis le liquide du LBA est réaspiré avec une nouvelle seringue stérile et placé dans un contenant stérile. (Meyer, Maillard 2020). Le liquide provient souvent d'un seul des côtés pulmonaires (Pardon, Buczinski 2020). Le LBA est aussi réalisable sous anesthésie par endoscopie, mais cette technique est peu effectuée en pratique (Meyer, Maillard 2020).

Les avantages et les inconvénients

Cette méthode de prélèvement présente comme avantages de limiter les contaminations du prélèvement par les bactéries de l'appareil respiratoire supérieur, quand

on la réalise avec deux sondes, et l'anesthésie n'est pas nécessaire. Elle est aisée à pratiquer sur un veau malade. Le prélèvement est riche en cellules et des mélanges sont possibles. Néanmoins, cette méthode reste invasive et est onéreuse si réalisée avec un endoscope (Meyer, Maillard 2020).

b. L'aspiration trans-trachéale (ATT)

Le matériel utilisé

Un cathéter stérile de 1,5 à 2,5 mm de diamètre et de 60 à 80 cm de long est utilisé, ainsi qu'une poche de sérum physiologique stérile (NaCl 0,9 %), des seringues de 50 ml et des tubes secs stériles et le matériel nécessaire pour réaliser l'asepsie de la zone (Meyer, Maillard 2020).

La technique de prélèvement

L'animal est placé dans une cage de contention, ou au cornadis, la tête est maintenue en l'air à l'aide d'un licol : l'encolure est en extension et la trachée est accessible. Une tonte et un nettoyage chirurgical du tiers moyen et supérieur de la trachée est réalisé. Une ponction est réalisée avec le cathéter, de façon franche et perpendiculaire à la trachée. Le cathéter est enfoncé stérilement sur 40 à 50 cm dans la trachée, ce qui déclenche un réflexe de toux. Vingt à 50 ml de sérum physiologique sont injectés dans le cathéter puis réaspirés (environ un à cinq ml). Le liquide obtenu est placé immédiatement dans un tube sec stérile, et le cathéter est retiré de la trachée (Meyer, Maillard 2020). Le site d'échantillonnage se situe au carrefour trachéal, en théorie (Pardon, Buczinski 2020).

Les avantages et les inconvénients

Cette méthode présente comme avantages d'obtenir un prélèvement très peu contaminé par les bactéries de l'appareil respiratoire supérieur, d'être assez facile à pratiquer sur un veau. Il s'agit néanmoins d'une méthode très invasive, avec un prélèvement de faible quantité et pauvre en cellules, dont le site de prélèvement précis est inconnu. Le coût du cathéter est élevé, de neuf à 12 euros l'unité (Meyer, Maillard 2020), et le temps de réalisation par animal est élevé (environ dix minutes) (Pardon, Buczinski 2020). Il faut faire attention à ne pas sectionner le cathéter dans la trachée avec le trocart (Pardon, Buczinski 2020).

c. L'écouvillonnage nasal profond (ENP)

Le matériel utilisé

L'écouvillonnage nasal profond est réalisé avec un écouvillon de 20 cm de longueur, avec, de préférence, une tige en plastique souple. Des écouvillons type coton-tige ou type cytobrosse peuvent être utilisés (Meyer, Maillard 2020).

La technique de prélèvement

L'écouvillonnage nasal profond se réalise en introduisant l'écouvillon vers le méat dorsal du cornet nasal, et en raclant pendant plus de dix secondes la muqueuse nasale par des mouvements de va-et-vient (Meyer, Maillard 2020).

Les avantages et les inconvénients

Cette technique ne nécessite normalement pas de tranquillisation des animaux. Elle présente comme avantages d'être de faible coût, peu invasive, rapide (moins d'une minute environ par animal)(Pardon, Buczinski 2020), et de pouvoir prélever des cellules si elle est correctement réalisée. La réalisation de ce prélèvement en série est possible, ainsi que les mélanges. Néanmoins, elle ne permet pas d'investiguer les étages respiratoires inférieurs, sauf en cas de maladie, et est faiblement informative pour les Pasteurelles, présentes de façon commensale au niveau du nasopharynx (Meyer, Maillard 2020). Plus de 80 % des échantillons sont polycontaminés, suite au passage de l'écouvillon par les cavités nasales (Pardon, Buczinski 2020).

d. L'échographie pulmonaire

Le matériel utilisé

Une sonde d'échographie linéaire d'au moins 6,5 MHz peut être utilisée. Pour examiner des structures plus profondes dans le thorax, jusqu'à dix centimètres, une sonde sectorielle convexe, de fréquence variable peut être utilisée (Meyer, Maillard 2020). Un appareil dont la fréquence varie de 3,5 à 8 MHz peut être utilisé pour évaluer des poumons (Ollivett 2018).

La technique de visualisation des lésions

L'exploration à la sonde se fait en appliquant de l'alcool en quantité importante sur le thorax non tondu de l'animal (Ollivett 2018). À gauche, l'exploration se fait dans une zone longeant la neuvième côte, jusqu'à la pointe du coude gauche au niveau de la deuxième côte, dans la partie inférieure du thorax. Cette zone d'exploration est similaire à droite (Meyer, Maillard 2020). La sonde est placée dans les espaces intercostaux. Dans le cas de l'observation d'un groupe entier de veaux pour détecter des lésions de pneumonie, il est intéressant d'observer seulement les lobes crânial droit, cardiaque droit et la partie caudale du lobe crânial gauche. En effet, ce sont les lobes les plus rapidement touchés en cas de pneumonie, et les lobes plus caudaux sont rarement atteints sans qu'une consolidation soit déjà présente pour les lobes les plus crâniens (Ollivett 2018). Il est possible d'observer avec l'échographie de l'épanchement pleural lors de pleurésie, des artéfacts en « queue de comète » correspondant à l'existence de bulles d'air sous la plèvre lors d'emphysème ou en phase aiguë de pneumonie, ou des zones de consolidation pulmonaire. Ces zones de consolidation signent la présence d'une pneumonie plus ancienne, le poumon est hypoéchogène et hétérogène et

prend l'aspect échographique du foie. Les abcès pulmonaires proches de la plèvre peuvent aussi être objectivés grâce à l'échographie pulmonaire (Meyer, Maillard 2020).

Les avantages et les inconvénients

L'échographie pulmonaire permet de visualiser des lésions présentes du vivant de l'animal. À l'échelle d'un troupeau, elle peut permettre d'évaluer la prévalence et la sévérité des lésions de maladie respiratoire bovine. À l'échelle individuelle, elle permet d'avancer un pronostic en cas de maladie respiratoire, en cas de présence d'abcès, de nécrose ou de consolidation (Ollivett 2018). Toutefois, la profondeur de l'examen dans le thorax est limitée, et ne permet pas d'observer tout le parenchyme pulmonaire (Meyer, Maillard 2020).

3. Les étiologies principales dans les troubles respiratoires des veaux de boucherie

De nombreux agents pathogènes respiratoires peuvent affecter les veaux de boucherie, avec un impact majeur. La composante virale de ces maladies est importante, avec le virus syncytial respiratoire bovin, le virus parainfluenza 3 bovin, le virus de la diarrhée virale bovine (BVDV), entre autres. On trouve aussi des bactéries, comme des pasteurelles, ou des mycoplasmes (Meyer, Maillard 2020).

Certains de ces agents sont initiateurs de maladie respiratoire, d'autres compliquent une infection initialement inapparente ou l'exacerbent (Arcangioli et al. 2008). Le rôle de certains agents pathogènes est toutefois discuté selon les auteurs (Pardon, Buczinski 2020).

a. Le Virus Respiratoire Syncytial Bovin

Le BRSV est un virus de la famille des Pneumoviridae, de genre *Orthopneumovirus* (Underwood et al. 2015 ; Valarcher, Taylor 2007). Il est considéré comme un agent primaire du complexe respiratoire bovin (Pardon, Buczinski 2020).

La structure et la pathogénie du virus

Il s'agit d'un virus enveloppé à acide ribonucléique (ARN) simple brin de polarité négative, comportant trois protéines de surface, une glycoprotéine (G), une protéine de fusion (F), une petite protéine hydrophobe (SH) et de deux protéines non structurales NS1 et NS2. L'ARN du BRSV est protégé par une nucléocapside constituée d'une nucléoprotéine (N), qui protège le génome des ribonucléases (ARNases), d'une phosphoprotéine (P) et d'une polymérase (L). La matrice est composée de trois protéines (M2-1 et M2-2 et M) (Meyer, Maillard 2020; Valarcher, Taylor 2007). Les protéines G et F sont des antigènes importants de ce virus, et servent à la fabrication de vaccins (Meyer, Maillard 2020). La protéine G semble favoriser l'attachement du virion à la surface de la cellule hôte, et participe à l'échappement au système immunitaire. La protéine F permet l'attachement et la pénétration du virus dans

la cellule hôte, et est la cible majeure des anticorps neutralisants. Les protéines NS1 et NS2 ne sont pas indispensables à la réplication *in vitro* du virus, mais sont impliquées dans la régulation de l'interféron alpha et beta (IFN α/β). L'IFN α/β est produit par la cellule et constitue sa première ligne de défense (Valarcher, Taylor 2007). Le BRSV se réplique dans les cellules épithéliales respiratoires ciliées majoritairement, et dans les pneumocytes de type II de façon moins courante. Son action pathogène est sûrement liée à la réponse de l'hôte au virus, étant donné que *in vitro* il ne cause presque aucun dommages cellulaires. Le virus induit un afflux de chémokines pro-inflammatoires et de cytokines, qui recrutent des neutrophiles, des macrophages et des lymphocytes jusqu'au tractus respiratoire (Valarcher, Taylor 2007).

L'épidémiologie et la transmission du virus

Les bovins sont les hôtes naturels du BRSV, mais d'autres hôtes sont possibles chez les ovins, les caprins, les bisons, les chamois et les camélidés. Il s'agit d'un virus ubiquiste (Underwood et al. 2015), identifié en Europe, en Amérique et en Asie, avec un pic d'incidence en automne et en hiver dans les zones tempérées (Pardon et al. 2020; Meyer, Maillard 2020). La saison hivernale constitue un facteur de risque pour l'infection par le BRSV (Pardon et al. 2020). La transmission du virus se fait par contact direct entre animaux infectés et non infectés et par aérosols. C'est un virus peu résistant dans le milieu extérieur (Arcangioli, Becker 2014; Meyer, Maillard 2020) et sensible à la plupart des désinfectants (Meyer, Maillard 2020). La prévalence du virus est variable, de 0 à plus de 40 % selon les auteurs (Arcangioli et al. 2008).

Le diagnostic de l'infection

Le diagnostic de l'infection par le BRSV se réalise de préférence sur au moins 10 % des animaux, en début d'infection. Après un lavage broncho-alvéolaire, éventuellement un écouvillon nasal profond, ou un prélèvement post-mortem des lobes crâniens de l'animal, il est possible de mettre directement en évidence le virus, en réalisant une RT-PCR en temps réel (détection du génome du virus), un test d'immunofluorescence ou ELISA (détection des antigènes viraux), ou un isolement sur culture cellulaire (peu réalisé). Après réalisation de deux prises de sang à deux semaines d'intervalle, il est possible de mettre en évidence une séroconversion ou une augmentation des anticorps anti-BRSV chez l'animal, grâce à un test ELISA. Ce test n'est pas réalisable chez les animaux de moins de six mois et les animaux vaccinés (Meyer, Maillard 2020). La séroconversion s'effectue en cinq à 14 jours (Arcangioli, Becker 2014).

Les signes cliniques spécifiques

Les animaux présentent, entre autres, une hyperthermie sévère pendant quelques jours, des sifflements et une augmentation des bruits pulmonaires, un emphysème pulmonaire ou cutané est possible (Meyer, Maillard 2020; Valarcher, Taylor 2007). Certains animaux vont présenter une insuffisance respiratoire aiguë (Veissier, Bertrand, Toullec 2003; Pardon, Buczinski 2020). La morbidité est importante, de 30 % à 50 %, voire 60 % à 80 %

(Valarcher, Taylor 2007), des animaux du troupeau peuvent être infectés, et la létalité peut atteindre 20 % dans les cas les plus graves (Meyer, Maillard 2020; Valarcher, Taylor 2007). Les signes cliniques associés à l'infection par le BRSV sont sévères chez les veaux, ayant une immunité plus faible et n'ayant jamais rencontré le virus, après une période d'incubation de deux à cinq jours. Le pic d'incidence se situe entre deux et six mois de vie (Valarcher, Taylor 2007).

Les traitements utilisés

Des vaccins existent pour lutter contre cet agent pathogène. Ellis *et al.* (2007) ont montré expérimentalement en 2007 qu'un protocole adapté de vaccination intranasale peut permettre de protéger contre la maladie clinique (Ellis *et al.* 2007). Dans un autre essai expérimental, la vaccination intranasale avec un vaccin contre le BRSV permet de diminuer les lésions pulmonaires, sans toutefois diminuer les signes cliniques ou la mortalité (Ellis, Gow, Goji 2010).

b. Le Virus Parainfluenza bovin de type 3

Le virus Parainfluenza bovin de type 3 est un virus de la famille des Paramyxoviridae et de genre *Respirovirus* (Baghezza *et al.* 2021; Kapil, Basaraba 1997; Underwood *et al.* 2015; Meyer, Maillard 2020). Il est considéré comme un agent primaire du complexe respiratoire bovin (Pardon, Buczinski 2020).

La structure et la pathogénie du virus

Le VPI3 est un virus enveloppé, à ARN de polarité négative (Kapil, Basaraba 1997), peu résistant dans le milieu extérieur (Arcangioli, Becker 2014). Il possède une membrane lipidique à double épaisseur, avec à sa surface plusieurs protéines, comme l'hémagglutinine-neuraminidase (HN) et une protéine de fusion (F). Ces protéines de surface permettent la liaison des érythrocytes aux cellules infectées, une hémagglutination et la lyse de ces globules rouges par le virus (Kapil, Basaraba 1997). L'entrée du virus dans l'organisme se fait par voie aérienne. Il se réplique en premier lieu dans les cellules ciliées de l'épithélium respiratoire des voies respiratoires supérieures et inférieures ainsi que l'épithélium des alvéoles pulmonaires et les macrophages alvéolaires. Lors de l'infection, il entraîne chez le veau la destruction des cils des cellules ciliées de la trachée et de l'épithélium respiratoire et altère sa fonction de barrière mécanique contre les bactéries (Meyer, Maillard 2020; Kapil, Basaraba 1997). Le virus provoque aussi la mort du macrophage, ou il altère sa fonction. Les macrophages infectés réalisent moins efficacement leur rôle de phagocytose, et libèrent des prostaglandines immunosuppressives. L'immunosuppression causée par l'infection au VPI3 n'est pas encore complètement comprise mais l'infection des macrophages et des monocytes par le virus pourrait être la cause de la baisse d'efficacité des fonctions lymphocytaires, en diminuant leur capacité à soutenir la prolifération des lymphocytes, par contact entre les macrophages

infectés et les lymphocytes. Ce contact faciliterait l'infection virale des lymphocytes par les macrophages infectés (Kapil, Basaraba 1997). L'action du VPI3 sur l'épithélium et les cellules immunitaires facilite les infections bactériennes concomitantes, notamment à *Mannheimia haemolytica* (Kapil, Basaraba 1997; Underwood et al. 2015). Cependant, le pouvoir pathogène du VPI3 n'est pas très clair. Expérimentalement, peu de signes cliniques sont observés (Meyer, Maillard 2020).

L'épidémiologie et la transmission du virus

C'est un virus ubiquiste, de répartition mondiale (Kapil, Basaraba 1997; Meyer, Maillard 2020). Les moutons et les chèvres peuvent être infectés (Underwood et al. 2015). La transmission se fait par contact direct et aérosol. Une forte densité d'animaux et une ventilation non adaptée amplifient la transmission virale (Meyer, Maillard 2020). Sa prévalence varie de 3 % environ à plus de 50 % chez les veaux de boucherie, selon les auteurs (Studer et al. 2021; Pardon et al. 2011).

Le diagnostic de l'infection

Le diagnostic de l'infection au VPI3 se réalise grâce à un LBA surtout, éventuellement un ENP ou un prélèvement post-mortem des lobes crâniens du poumon. De façon directe, il est possible de détecter les protéines virales grâce à l'immunofluorescence sur des coupes congelées de poumons, à un ELISA, ou détecter le génome viral grâce à une RT-PCR en temps réel. Cette technique présente une très bonne spécificité et sensibilité (Meyer, Maillard 2020).

Les signes cliniques spécifiques

Les signes cliniques causés par ce virus sont respiratoires, et habituellement modérés à inapparents lors d'une infection uniquement due à ce virus. Ils peuvent être exacerbés en cas de stress, ou de mauvaises conditions environnementales (Underwood et al. 2015; Pardon, Buczinski 2020). L'infection au VPI3 est rarement fatale (Meyer, Maillard 2020; Kapil, Basaraba 1997), mais sa morbidité est considérée comme étant élevée (Meyer, Maillard 2020). Après l'infection, le virus peut persister pendant plusieurs semaines chez les animaux infectés. La maladie arrive chez les bovins de deux à huit mois car l'immunité maternelle transmise au veau décline vers l'âge de deux mois (Meyer, Maillard 2020). Chez les animaux en gestation, des avortements sont possibles (Underwood et al. 2015).

Les traitements utilisés

La lutte contre le VPI3 passe par la vaccination. Bryson *et al.* (1999) ont montré expérimentalement que la vaccination intranasale avec un vaccin vivant atténué diminuait l'intensité des signes cliniques respiratoires et l'étendue des lésions de consolidation pulmonaire chez des veaux de boucherie (Bryson et al. 1999). Des vaccins contenant plusieurs valences, dont VPI3 existent (Zoetis 2003; 2006; Intervet 2002).

c. *Le virus de la diarrhée virale bovine*

Le virus de la BVD est un virus de la famille des Flaviviridae, du genre *Pestivirus* (Meyer, Maillard 2020; Fulton 2009). Il agit comme un cofacteur dans les troubles respiratoires des jeunes bovins, car il entraîne une immunosuppression et rend les animaux plus sensibles à des infections opportunistes respiratoires (Meyer, Maillard 2020). Pour Pardon et Buczinski, il s'agit d'un agent primaire du complexe respiratoire bovin (Pardon, Buczinski 2020).

La structure et la pathogénie du virus

Le BVDV est un virus à ARN monobrin, enveloppé et peu résistant dans l'environnement ou aux désinfectants usuels (Arcangioli, Becker 2014). Il contient quatre protéines structurales, la protéine de la capsid (C), et trois glycoprotéines de l'enveloppe virale (Erns, E1 et E2). Il contient également des protéines non structurales (NS). Il existe deux génotypes majeurs, le BVDV1 et le BVDV2, ainsi que des sous-génotypes (Fulton 2009). Le génotype rencontré le plus fréquemment en Europe est le génotype 1 (Couart, Cesbron, Assié 2014). Les souches de BVDV sont appelées cytopathogènes (CP) ou non cytopathogènes (NCP), selon leur pouvoir pathogène *in vitro* (Underwood et al. 2015). Le BVDV a un tropisme varié, pour le système respiratoire, digestif, lymphoïde et reproducteur. Il induit une immunosuppression, en diminuant le nombre de lymphocytes B et T et de neutrophiles, ainsi que des lymphocytes T-helper et les lymphocytes T cytotoxiques. Ce virus impacte l'immunité acquise, mais aussi l'immunité innée (Fulton 2009). Cette baisse d'immunité facilite l'infection et la multiplication par d'autres pathogènes (Arcangioli, Becker 2014).

L'infection pendant la gestation peut causer des avortements, si elle a lieu entre 45 et 175 jours de gestation. Le fœtus infecté entre 42 et 125 jours de gestation (Fulton 2009) sera appelé infecté permanent immunotolérant (IPI) à sa naissance. Le veau IPI excrète de grandes quantités de virus, via ses sécrétions corporelles et ses fèces (Fulton 2009; Taylor et al. 2010), ce qui favorise l'infection rapide des animaux sains dans le troupeau (Arcangioli, Becker 2014). Ce groupe constitue un réservoir de la maladie. L'infection au virus entre 100 et 150 jours de gestation peut provoquer des malformations congénitales. Les veaux dont l'infection a eu lieu dans le dernier trimestre de gestation naissent avec des anticorps acquis *in utero*, sans que le virus ne soit détectable (Fulton 2009).

L'épidémiologie et la transmission du virus

Ce virus est réparti mondialement et affecte les ruminants domestiques, les porcs, et des ruminants sauvages, notamment les camélidés et les cervidés. La transmission du virus se fait de façon horizontale par contacts directs ou rapprochés entre animaux infectés, notamment les IPI, et les infectés transitoires, via les sécrétions corporelles et le lait. La transmission se fait par aérosol également. La transmission peut se faire verticalement, via du

sperme infecté, le placenta ou le colostrum (Fulton 2009). La prévalence du virus est variable chez les veaux de boucherie de 29 % environ à 71 % (Pardon et al. 2011; Oliveira et al. 2020).

Le diagnostic de l'infection

Le diagnostic de l'infection peut se faire indirectement par sérologie (par ELISA ou séroneutralisation) ou directement. Dans le cas de recherche directe, un isolement viral peut être réalisé, et la recherche d'antigènes peut se faire par immunofluorescence ou coloration à l'immunohistochimie. La détection de la BVD peut se faire par RT-PCR sur un prélèvement pulmonaire ou sanguin. De nombreux kits ELISA existent dans le commerce. La surveillance sérologique d'un troupeau doit se faire en ayant connaissance du statut vaccinal des animaux (Sandvik 2005).

Les signes cliniques spécifiques

L'infection au BVDV peut être inapparente, provoquer une atteinte respiratoire, digestive, hémorragique ou thrombocytopénique, ou génitale (Fulton 2009). Le BVDV peut provoquer une pneumonie sévère chez les veaux (Underwood et al. 2015). D'autres agents pathogènes sont souvent associés à l'infection au BVDV lors de l'atteinte respiratoire ou digestive. Les veaux IPI développent la maladie des muqueuses s'ils sont infectés par une souche CP de BVDV. Cette maladie est caractérisée par la présence d'ulcères et d'érosions le long du tube digestif, des lésions cutanées et des lésions interdigitées. La maladie est mortelle (Underwood et al. 2015; Fulton 2009).

Les traitements et les mesures de gestion utilisés

Des vaccins existent pour lutter contre cette maladie (Underwood et al. 2015; Boehringer Ingelheim 2015a). Certains de ces vaccins ne protégeraient pas efficacement le fœtus (Grooms 2004).

Des mesures de gestion sont mises en œuvre en France pour éliminer le virus. Il est prévu d'assainir les troupeaux, par la vaccination et le dépistage des veaux IPI à la naissance et leur élimination. La recherche des animaux infectés s'effectue soit par la recherche directe du BVDV pour tous les animaux à la naissance, soit par des analyses sérologiques semestrielles sur lait de mélange, soit par analyse sérologique annuelle sur sérum de mélange des animaux présents depuis au moins trois mois (Le ministre de l'agriculture et de l'alimentation 2019). L'identification dès la naissance peut se faire via l'envoi d'un morceau de cartilage auriculaire du veau par boucle auriculaire prélevé lors de son identification (GDS Sanitéa 2020).

d. Les bactéries de la famille des Pasteurelles

Les bactéries de la famille des *Pasteurellaceae* sont commensales de l'appareil respiratoire supérieur des bovins. Trois principaux genres sont rencontrés, le genre *Mannheimia*, le genre *Pasteurella* et le genre *Histophilus*. Ce sont des bactéries peu résistantes dans le milieu extérieur (Quinn et al. 2011).

- ***Mannheimia haemolytica***

Mannheimia haemolytica est un bacille de petite taille ou un coccobacille à Gram négatif (Cozens et al. 2019), de la famille des *Pasteurellaceae* et de genre *Mannheimia*, immobile, non sporulé, aéro-anaérobie mesurant de 0,2 à deux µm (Meyer, Maillard 2020; Underwood et al. 2015). *Mannheimia haemolytica* est un parasite ou une bactérie commensale obligatoire et fait partie de la flore résidente du tractus respiratoire supérieur de certains animaux en bonne santé (Cozens et al. 2019; Rice et al. 2007). C'est un agent pathogène majeur, plutôt considéré comme agissant en surinfection après un passage viral, mais cela reste controversé (Pardon, Buczinski 2020; Zecchinon, Fett, Desmecht 2005).

La structure et la pathogénie de la bactérie

Cette bactérie est entourée d'une capsule polysaccharidique et d'une enveloppe, qui constitue sa membrane externe (Meyer, Maillard 2020). Elle possède plusieurs facteurs de virulence, comme une adhésine, un polysaccharide capsulaire, des fimbriae, des protéines membranaires régulées par le fer, des lipoprotéines, une neuraminidase, des sialoglycoprotéases, une protéine de liaison à la transferrine, un lipopolysaccharide (LPS) et elle produit une leucotoxine (Rice et al. 2007; Meyer, Maillard 2020). Les protéines de la capsule permettent l'adhérence et l'envahissement des cellules par la bactérie. Les protéines membranaires sont à l'origine de la réponse immunitaire par l'organisme. L'adhésine permet la colonisation. La neuraminidase réduit la viscosité du mucus et permet à la bactérie d'arriver à la surface des cellules. La production d'une leucotoxine constitue le principal facteur de virulence avec le LPS. La leucotoxine est cytotoxique pour les leucocytes des ruminants et les macrophages alvéolaires, par l'induction de l'apoptose ou de la lyse des leucocytes selon la concentration en leucotoxine. Les animaux adultes sont plus résistants à cette leucotoxine que les veaux de moins de 16 semaines. Le LPS provoque une inflammation très importante, qui va être à l'origine des signes cliniques (Zecchinon, Fett, Desmecht 2005). Douze sérovars, dont la pathogénicité est variable, sont définis par la capsule de la bactérie. Les sérovars A1 et A6 sont le plus souvent impliqués dans des pneumonies (Meyer, Maillard 2020; Cozens et al. 2019). Le sérovar A1 provoque une pasteurellose, connue sous le nom de « fièvre des transports ». Le sérovar A2 est fréquemment identifié dans les cavités nasales des individus sains (Arcangioli, Becker 2014; Cozens et al. 2019; Rice et al. 2007). Les sérovars A1, A2 et A6 sont les plus fréquents (Zecchinon, Fett, Desmecht 2005; Mason et al. 2022), isolés respectivement dans 44,2 %, 29,8 % et 17,3 % par PCR au Royaume-Uni, sur 140 isolats de *Mannheimia haemolytica* (Mason et al. 2022).

L'exposition des veaux à d'autres pathogènes respiratoires provoque l'altération de l'épithélium supérieur, une baisse d'immunité (Zecchinon, Fett, Desmecht 2005; Rice et al. 2007) et la multiplication du sérovar A1 chez ces animaux (Pardon, Buczinski 2020; Cozens et al. 2019). *Mannheimia haemolytica* peut alors coloniser l'épithélium supérieur et atteindre les

poumons, provoquant une pneumonie broncho-alvéolaire (Rice et al. 2007; Zecchinon, Fett, Desmecht 2005). En fonction des souches, on observe des différences de virulence. Dans une étude, le coronavirus bovin a été associé de façon significative à *Mannheimia haemolytica* (Pardon et al. 2020).

L'épidémiologie et la transmission de la bactérie

Mannheimia haemolytica peut infecter les caprins, les ovins et les bovins (Zecchinon, Fett, Desmecht 2005; Quinn et al. 2011). Les animaux de deux à douze mois sont particulièrement à risque. La transmission se fait par contact direct ou indirect entre les animaux (Underwood et al. 2015). Elle n'est pas retrouvée naturellement dans le milieu extérieur sauf en cas d'excrétion par un animal infecté, et sa durée de vie varie en fonction des conditions environnementales : s'il fait froid et humide, sa durée de vie augmente. Elle est sensible aux désinfectants, aux rayons ultra-violet (UV) et à la chaleur (Meyer, Maillard 2020). La prévalence de *Mannheimia haemolytica* varie de 1,2 % à plus de 40 % chez les veaux de boucherie selon les études (Berman et al. 2022; Pardon et al. 2020).

Le diagnostic de l'infection

Le diagnostic de l'infection à *Mannheimia haemolytica* se fait par culture bactérienne ou PCR (Arcangioli, Becker 2014) suite à une ATT, un LBA ou sur un échantillon de poumon post-mortem. L'écouvillon nasal n'est pas un prélèvement de choix car elle peut faire partie de la flore normale du nasopharynx (Meyer, Maillard 2020).

Les signes cliniques spécifiques

Les signes cliniques associés à l'infection à *Mannheimia haemolytica* vont de inapparents, à fatals rapidement. La température rectale peut atteindre 42°C. L'animal présente des signes respiratoires non spécifiques. Il peut présenter une rhinite mucopurulente et être en dyspnée voire en détresse respiratoire. Des bruits cranio-ventraux et bronchiques, ainsi que des râles peuvent être audibles à l'auscultation pulmonaire (Zecchinon, Fett, Desmecht 2005).

Les traitements et les mesures de gestion utilisés

L'infection à *Mannheimia haemolytica* se traite par antibiothérapie. La sensibilité de *Mannheimia haemolytica* à la tétracycline est en diminution (75 %), et sa sensibilité à la doxycycline est faible (64 %). En 2018, elle est toujours sensible au florfenicol, au ceftiofur, à la tulathromycine, à la marbofloxacin et à l'amoxicilline. Cette dernière molécule est toutefois également utilisée en médecine humaine pour lutter contre les infections dues à ces bactéries (Anses 2019).

Des vaccins existent pour lutter contre *Mannheimia haemolytica* (Boehringer Ingelheim 2015b; 2015a; 1981; Intervet 2002) et la leucotoxine qu'elle produit (Laboratorios Hipra 2007; Boehringer Ingelheim 1995). La protection conférée par ces vaccins est moins

bonne sur le terrain qu'expérimentalement. Leur efficacité et leur intérêt sont sujets à débats (Meyer, Maillard 2020; Step, Confer 2009).

- ***Pasteurella multocida***

Pasteurella multocida fait partie de la famille des *Pasteurellaceae*, du genre *Pasteurella*. C'est une bactérie à Gram négatif, commensale du tube digestif et des voies respiratoires supérieures (Pardon, Buczinski 2020). La maladie causée par *Pasteurella multocida* est souvent secondaire à un stress. Elle est fréquemment associée à d'autres pathogènes (Arcangioli, Becker 2014). Elle est considérée comme un agent primaire ou secondaire de pneumonie (Harper, Boyce, Adler 2006; Kehrenberg et al. 2001) ou seulement secondaire (Pardon, Buczinski 2020), selon les auteurs. Elle cause avec *Mannheimia haemolytica* la « fièvre des transports » (Step, Confer 2009).

La structure et la pathogénie de la bactérie

Cinq sérotypes de *Pasteurella multocida* sont définis par la capsule de la bactérie, les sérotypes A, B, D, E et F (Harper, Boyce, Adler 2006). Le sérotype de *Pasteurella multocida* majoritairement isolé dans les maladies respiratoires est le sérotype A3 (Arcangioli, Becker 2014; Meyer, Maillard 2020). La virulence de la bactérie est variable selon les souches (Pardon, Buczinski 2020). Cette bactérie possède plusieurs facteurs de virulence : sa capsule, la présence d'adhésine, de protéines et de LPS. Contrairement à *Mannheimia haemolytica*, elle ne produit pas de leucotoxine (Arcangioli, Becker 2014). Sa capsule permet la résistance à la phagocytose (Harper, Boyce, Adler 2006).

L'épidémiologie et la transmission de la bactérie

Cette bactérie peut infecter les bovins, les ovins, les porcs, les lapins et les volailles notamment (Harper, Boyce, Adler 2006). La transmission de la maladie se fait par contact direct et indirect entre les animaux (Underwood et al. 2015), par aérosol (Step, Confer 2009) et inhalation, ou par ingestion (Underwood et al. 2015). La prévalence de la bactérie varie dans les élevages de veaux de boucherie, de 15 % à environ 90 % (Schönecker et al. 2020; Pardon et al. 2020).

Pasteurella multocida est fréquemment associée à d'autres bactéries, notamment *Mannheimia haemolytica*, *Mycoplasma bovis* et *Mycoplasma dispar* (tableau II).

Tableau II : Prévalence de l'association de *Pasteurella multocida* à d'autres bactéries chez des jeunes veaux et des veaux plus âgés, en Suisse

	<i>Mycoplasma haemolytica</i>	<i>Mycoplasma bovis</i>	<i>Mycoplasma dispar</i>
Jeunes veaux^a	2,7 %	6,2 %	3,5 %
Vieux veaux^b	7 %	4,9 %	7 %

^a Âgés de moins de 91 jours, ^b Âgés de plus de 91 jours. Source : Schönecker et al. (2020).

Le diagnostic de l'infection

Le diagnostic de l'infection à *Pasteurella multocida* se réalise par culture bactérienne ou PCR. Elle est isolée d'ENP d'animaux malades ou sains. La réalisation de LBA ou d'ATT est donc préférée chez les animaux malades. (Meyer, Maillard 2020; Arcangioli, Becker 2014). Elle résiste bien à la conservation à 4°C, pendant 48h (Arcangioli, Becker 2014).

Les signes cliniques spécifiques

Chez les veaux de boucherie, la maladie apparaît quelques jours après le transport. Les veaux présentent une atteinte non spécifique, avec de l'abattement, de l'anorexie, et une atteinte respiratoire, avec de la toux, une respiration rapide, un jetage nasal mucopurulent. Des sifflements et de rares frictions des plèvres peuvent être entendues à l'auscultation pulmonaire. L'affection causée par *Pasteurella multocida* apparaît plus chronique que celle provoquée par *Mannheimia haemolytica* (Step, Confer 2009).

Les traitements et les mesures de gestion utilisés

Les antibiotiques sont utilisés pour lutter contre *Pasteurella multocida*. D'après les données 2021 du Résapath, *Pasteurella multocida* est actuellement toujours sensible aux bêta-lactamines, néanmoins depuis 2016 les résistances à la streptomycine et à la spectinomycine sont en augmentation (Cazeau et al. 2022). En 2018, elles sont toujours sensibles au florfénicol (Anses 2019). En Suisse, 29 % des bactéries *Pasteurella multocida* présentent des résistances à l'oxytétracycline, la spectinomycine, la tulathromycine, 27 % sont résistantes à la pénicilline, et 26 % à la danofloxacin. Seulement 5 % des bactéries *Pasteurella multocida* testées ne présentaient pas de résistances (Schönecker et al. 2020).

Un vaccin inactivé existe pour lutter contre cette bactérie (Boehringer Ingelheim 1981). Pour assurer une protection efficace, la vaccination doit avoir lieu plusieurs semaines avant le transport des veaux (Step, Confer 2009).

- ***Histophilus somni***

Histophilus somni est une bactérie à Gram négatif, motile, anaérobie facultative, de petite taille (moins de 1 µm x 1 à 3 µm). Elle fait partie de la flore commensale des voies respiratoires supérieures et des voies génitales de bovins (Quinn et al. 2011).

La structure et la pathogénie de la bactérie

Histophilus somni peut adhérer aux cellules endothéliales et à l'épithélium vaginal de son hôte. Le lipooligosaccharide (LOS) est son principal facteur de virulence, ainsi que des protéines d'attachement, et la production d'histamine. Le LOS peut provoquer l'apoptose des cellules endothéliales, des lésions de vascularite, de thrombose, des microhémorragies et de l'inflammation grâce à un de ses composants, le lipide A. Il peut provoquer tardivement des endocardites et des myocardites. La structure du LOS est variable, ce qui entraîne une évasion à la réponse immunitaire de l'hôte. *Histophilus somni* peut survivre à la phagocytose grâce à des protéines d'attachement. La production d'histamine par la bactérie provoque une vasoconstriction et une perméabilité bronchiolaire d'où l'apparition de lésions pulmonaires. Des facteurs de stress environnementaux peuvent contribuer au développement de la maladie (Quinn et al. 2011).

L'épidémiologie et la transmission de la bactérie

La transmission se fait par contact direct ou aérosols. À température ambiante, *Histophilus somni* peut survivre jusqu'à 70 jours dans les sécrétions nasales et le sang, et jusqu'à cinq jours dans les sécrétions vaginales (Quinn et al. 2011). La présence d'une litière en sciure constitue un facteur de risque à l'apparition de l'infection à *Histophilus somni* chez les veaux (Pardon et al. 2020). La prévalence de cette bactérie varie de 0 % à 36 % environ selon les techniques d'identification chez les veaux de boucherie (Arcangioli et al. 2008; Pardon et al. 2020).

Le diagnostic de l'infection

Histophilus somni peut être cultivée et isolée, dans des conditions spécifiques (Meyer, Maillard 2020). Elle est délicate à cultiver car elle est fragile, et nécessite la présence de CO₂ et d'une gélose spécifique « chocolat » (Quinn et al. 2011). La PCR peut aussi être utilisée dans le cadre du diagnostic de l'infection à *Histophilus somni* (Meyer, Maillard 2020).

Les signes cliniques spécifiques

Chez les jeunes bovins, *Histophilus somni* peut être responsable de formes graves avec de la pleurésie ou une bactériémie, et peut engendrer des encéphalites ou des arthrites (Arcangioli, Becker 2014; Meyer, Maillard 2020). En cas d'évolution chronique, des myocardites suppurées peuvent aussi survenir (Meyer, Maillard 2020).

Les traitements et les mesures de gestion utilisés

Les antibiotiques sont utilisés dans le traitement des infections à *Histophilus somni*. L'oxytétracycline, l'érythromycine et l'association sulfamides-triméthoprime sont actifs (Quinn et al. 2011). En Suisse en 2020, *Histophilus somni* présente des résistances à l'ampicilline notamment (42 %) et à la pénicilline (23 %). Vingt-trois pour cent des souches présentaient une concentration minimale inhibitrice intermédiaire aux tétracyclines. Seulement 12 % des souches ne présentaient pas de résistance (Schönecker et al. 2020).

Un vaccin existe contre *Histophilus somni*, associant la leucotoxine inactivée de *Mannheimia haemolytica* et une souche inactivée de *Histophilus somni* (Laboratorios Hipra 2007).

e. Mycoplasma bovis

De nombreuses espèces de Mycoplasmes existent, dont des espèces commensales ou opportunistes. *Mycoplasma bovis* apparaît comme étant la plus pathogène chez les bovins en Occident, il est primordial de réaliser une identification d'espèce (Arcangioli, Becker 2014). *Mycoplasma bovis* agirait comme un agent pathogène primaire de pneumonie (Pardon, Buczinski 2020; Arcangioli et al. 2008).

La structure et la pathogénie de la bactérie

Mycoplasma bovis est une bactérie de la famille des *Mycoplasmatales*, appartenant à l'ordre des Mollicutes (Meyer, Maillard 2020). Ces bactéries sont caractérisées par un génome de taille minime, une quantité inhabituellement faible des bases G-C dans leur ADN (environ 24 à 33 % de leur génome) et leur absence de paroi. En effet, seule une membrane contenant du cholestérol les délimite (Trachtenberg 2005). Le cytosquelette de ces bactéries est constitué d'un « organite d'attachement », présentant un « bouton terminal », plus large, à une extrémité, et un réseau de fibrilles à l'autre extrémité. Environ neuf protéines constituent cet organite d'attachement. Leur organisation spatiale et temporelle détermine les capacités de colonisation et de pathogénicité de la bactérie (Trachtenberg 2005). Les antigènes majeurs de *Mycoplasma bovis* identifiés en France sont la lipoprotéine Vsp et la protéine pMB67 (Le Grand et al. 1996). En culture, *Mycoplasma bovis* a un aspect « œuf sur le plat » (figure 10).



Figure 10 : Photographie de colonies de Mycoplasmes

Les colonies de Mycoplasmes ont un aspect en « œuf sur le plat » en culture. La photographie a été prise à la loupe binoculaire, avec un grossissement de 40, à l'UMR Mycoplasmes VetagroSup Lyon. Source : Gardavaud Alice.

Mycoplasma bovis a deux systèmes de variation d'antigènes de surface. Il présente des lipoprotéines de surface de membrane variables appelées Vsps (« variable surface proteins ») et une autre protéine de surface appelée pMB67. Ces deux protéines sont variables et sont les antigènes majeurs lors de l'infection à *Mycoplasma bovis* (Maunsell, Donovan 2009; Le Grand et al. 1996). Le Grand *et al.* (1996) ont démontré que la présence d'anticorps contre *Mycoplasma bovis*, provenant de veaux infectés ou immunisés, ou d'anticorps monoclonaux qui réagissent spécifiquement avec les antigènes majeurs de *Mycoplasma bovis*, peut aboutir à un échappement immunitaire par une répression d'expression ou troncature de la protéine cible, voire par l'expression d'une protéine avec des antigènes distincts. De plus, le retrait de l'anticorps principal peut aboutir à un retour au phénotype original de la bactérie (Le Grand et al. 1996). Ce phénomène de variabilité antigénique permettrait aux Mycoplasmes d'échapper à la réponse immunitaire de l'hôte (Meyer, Maillard 2020). *Mycoplasma bovis* adhère aux cellules trachéo-bronchiques grâce à ses antigènes, et peut survivre dans les neutrophiles de l'organisme (Arcangioli, Becker 2014).

Mycoplasma bovis est également capable de former un biofilm dans l'environnement, ce qui lui apporte une résistance à la chaleur et à la dessiccation. McAuliffe *et al.* (2006) ont montré in vitro que grâce à ce biofilm, *Mycoplasma bovis* peut survivre plus de 30h à la dessiccation dans l'environnement, contre 24h pour une cellule planctonique, et permet une résistance à 50°C pendant 40 minutes, pour les deux souches testées (McAuliffe et al. 2006).

L'épidémiologie et la transmission de la bactérie

Les voies respiratoires constituent la principale voie de contamination par *Mycoplasma bovis* (Maunsell et al. 2012), même si la bactérie n'a pas été identifiée dans l'air (Soehnlén et al. 2012). La transmission par voie orale a cependant été démontrée dans le cas des pneumonies et des otites (Maunsell et al., 2012). L'infection à *Mycoplasma bovis* se fait tôt chez les veaux de boucherie, lors des premières semaines de vie (Arcangioli et al. 2008;

Maunsell et al. 2009), et les veaux peuvent être contaminés dès la naissance par une mère infectée (Arcangioli, Becker 2014). En élevage, les veaux de la même stabulation partagent les mêmes tétines, ce qui pourrait contribuer à la dissémination rapide de la bactérie, via la formation de biofilms sur les tétines. Pour limiter l'exposition à *Mycoplasma bovis*, il serait mieux de préférer les systèmes d'alimentation au seau individuel plutôt que des tétines partagées par plusieurs veaux. Ce n'est pas le cas avec des larges lots de veaux de boucherie (plus de 200), car l'introduction d'un grand nombre d'animaux constitue le phénomène le plus important vis-à-vis de la dissémination de *Mycoplasma bovis* (Arcangioli et al. 2021). Pardon et al. (2020) ont montré que l'introduction de nouveaux animaux et l'élevage d'animaux récemment introduits dans un même espace sont des facteurs de risque de l'infection à *Mycoplasma bovis* (Pardon et al. 2020). Le sable de couchage des veaux a été évoqué comme moyen de transmission de *Mycoplasma bovis* entre les animaux, sans mise en évidence de contamination par ce biais (Wilson et al. 2011). La prévalence de *Mycoplasma bovis* est élevée, et atteint parfois plus de 78 % du troupeau (Soehnen et al. 2012; Pardon et al. 2011; Arcangioli et al. 2008).

Le diagnostic de l'infection

Un LBA, une ATT, un ENP ou des prélèvements de poumons peuvent être réalisés pour détecter *Mycoplasma bovis*. Les échantillons sont ensuite mis en culture, avec un milieu adapté à la croissance des Mycoplasmes, puis l'identification, nécessaire, est réalisée par PCR (Arcangioli, Becker 2014), ou par MALDI-TOF MS (Pardon, Buczinski 2020).

Les signes cliniques principaux

Les signes cliniques provoqués par *Mycoplasma bovis* sont essentiellement des signes respiratoires en France (Jay, Tardy 2021). Cette bactérie est souvent présente en association avec d'autres bactéries lors de pneumopathies, et peut être initiatrice de bronchopneumonies infectieuses (Meyer, Maillard 2020). Dans le cadre du réseau Vigimyc en 2021, 90 % des échantillons contenant *Mycoplasma bovis* ont été isolés dans un contexte de pathologie respiratoire (Jay, Tardy 2021). D'autres signes cliniques sont décrits en présence de *Mycoplasma bovis* comme les otites (figure 11), les mammites, les arthrites (Jay, Tardy 2021; Meyer, Maillard 2020), des avortements, des kératoconjunctivites, des péritonites et des abcès (Meyer, Maillard 2020) mais restent rares en France contrairement à certains pays d'Europe ou d'Amérique du Nord (Jay, Tardy 2021). En 2021, le réseau Vigimyc a identifié 49,7 % de *Mycoplasma bovis* parmi les 318 échantillons récoltés sur des bovins contenant des mycoplasmes, ce qui en fait une espèce très majoritaire, seule ou en association avec d'autres Mycoplasmes (Jay, Tardy 2021).



Figure 11 : Photographie d'une génisse charolaise atteinte d'une otite, à la suite d'une infection à *Mycoplasma bovis*

L'oreille de la génisse est pendante, signe d'une otite unilatérale, dont l'agent pathogène est probablement un Mycoplasme. Source : Gardavaud Alice.

Les traitements et les mesures de gestion utilisés

Des traitements hygiéniques peuvent être mis en place pour lutter contre *Mycoplasma bovis* en élevage, comme la désinfection des bâtiments et du matériel, même si ne semble pas forcément suffisant vis-à-vis de l'introduction de veaux venant de nombreux élevages différents (Arcangioli et al. 2021). Il est également conseillé de réduire la densité d'animaux et de ventiler correctement les bâtiments pour limiter les maladies respiratoires et contrôler l'infection à *Mycoplasma bovis* (Maunsell et al. 2009).

Ces bactéries ne possèdent pas de paroi, et sont donc naturellement insensibles aux antibiotiques ayant une action sur la paroi bactérienne, comme les β -lactamines. Les antibiotiques dont l'action est d'agir sur la synthèse des protéines et des acides nucléiques vont être actifs sur les mycoplasmes, comme les fluoroquinolones, les tétracyclines, les macrolides (la tilmycosine et la tylosine) ainsi que les aminoglycosides (la gentamicine, la spectinomycine, la spiramycine) (Meyer, Maillard 2020). Cependant, de nombreuses antibiorésistances sont apparues depuis une trentaine d'année en France, notamment pour la tylosine, la tilmycosine, la tulathromycine et la spectinomycine, et de façon plus modérée pour l'enrofloxacin, la danofloxacin, la marbofloxacin et oxytétracycline (Gautier-Bouchardon et al. 2014).

Maunsell *et al.* (2009) ont réalisé une étude en Floride comparant des troupeaux de veaux vaccinés contre *Mycoplasma bovis*, avec un vaccin tué, et des troupeaux contrôle non vaccinés. Cette étude ne montre pas de différences significatives de morbidité, de mortalité, de prise de poids, de quantité d'IgA, IgM ou IgG2 et de colonisation nasale par *Mycoplasma*

bovis, entre les deux types troupeaux (Maunsell et al. 2009). Soehnlen *et al.* (2011) ont réalisé des essais de deux vaccins tués en Pennsylvanie. Le premier vaccin testé réduit la présence de lésions pulmonaires mais ne réduit pas la quantité de *Mycoplasma bovis* dans ces lésions pulmonaires. Le second vaccin testé ne réduit ni les lésions, ni la quantité de *Mycoplasma bovis* dans les lésions. Aucun des vaccins testés ne prévient la colonisation des voies respiratoires supérieures ni des bronches (Soehnlen et al. 2011). Globalement, l'efficacité des vaccins contre *Mycoplasma bovis* chez les veaux de boucherie est sujette à débat et certains vaccins sont même associés à des effets secondaires (Maunsell et al. 2009). Cependant, un nouveau vaccin contre *Mycoplasma bovis* est disponible en France actuellement, dont l'autorisation de mise sur le marché a été attribuée en mai 2023 (Zoetis 2023). Nous n'avons pas trouvé les publications sur les résultats des essais vaccinaux, ni leur suivi en France.

f. Autres virus respiratoires

D'autres agents pathogènes respiratoires peuvent être rencontrés dans les élevages de veaux de boucherie, notamment l'herpès virus bovin de type 1 (BoHV-1), virus de la rhinotrachéite infectieuse bovine (IBR), le coronavirus bovin, l'adénovirus de type 3 (Meyer, Maillard 2020).

III. L'évaluation et l'appréciation des poumons et des carcasses à l'abattoir

Comme nous l'avons vu, les maladies respiratoires occupent une place importante dans l'élevage de veaux de boucherie, en étant la première cause de mortalité de ces veaux en Belgique (Pardon, De Bleecker, et al. 2012). Leruste *et al.* (2012) ont montré que 50 % environ des veaux présentaient des lésions pulmonaires à l'abattoir, alors que les signes cliniques du vivant des animaux n'excèdent pas 7 % de prévalence en moyenne (Leruste et al. 2012). Thompson *et al.* (2006), ont montré que parmi les veaux présentant des lésions pulmonaires à l'abattoir, environ 70 % n'ont pas été traités contre les maladies respiratoires (Thompson, Stone, Schultheiss 2006). Ces études suggèrent que l'évaluation des lésions pulmonaires pourraient apporter des informations plus précises que les signes cliniques concernant les maladies respiratoires et que les signes cliniques ne reflètent pas l'étendue de ces lésions. Les maladies respiratoires ont aussi un impact négatif sur la qualité des carcasses (Pardon et al. 2013), ce qu'il est intéressant d'investiguer. Les données technico-économiques des carcasses fournies par l'abattoir semblent peu utilisées dans les essais vaccinaux (cf I.8.b.), alors qu'ils sont le reflet de l'efficacité économique du vaccin.

1. Les lésions visibles sur les poumons et sur les plèvres des veaux de boucherie à l'abattoir

À l'abattoir, de nombreuses lésions peuvent être visibles sur les poumons et les plèvres des veaux de boucherie. Ces lésions peuvent être des lésions de pneumonie, ou des artéfacts d'abattage. Leruste *et al.* (2012) ont montré que la moitié des poumons de veaux de boucherie de 174 élevages (de France, Pays-bas et Italie), examinés à l'abattoir dans leur étude, présentaient des lésions pulmonaires avec une atteinte plus ou moins importante (Leruste *et al.* 2012). Van der Mei et Van den Ingh (1987) ont montré aux Pays-Bas que 17 % des veaux étudiés présentaient des lésions pulmonaires et/ou pleurales importantes (Van der Mei, Van den Ingh 1987).

a. Les lésions de pneumonie

Chez les bovins, les lésions de pneumonie sont définies comme des zones rouge-grises de densification pulmonaire (Carlyle Jones, Duncan Hunt, King 1997; Tassin, Rozier 1992a). Les zones pulmonaires sont atelectasiées. Elles sont généralement de petite taille, les lobules sont rouges à mauve, la lésion est en dépression et la consistance est augmentée. Des alvéoles atelectasiées sont affaissées, collabées, et ne contiennent pas d'air (Carlyle Jones, Duncan Hunt, King 1997; Cherel *et al.* 2017). La cause de l'atelectasie est l'occlusion des bronches ou bronchioles par du mucus ou un exsudat purulent. Il existe de l'atelectasie néonatale, suite à une mauvaise respiration de l'animal à la naissance (Carlyle Jones, Duncan Hunt, King 1997).

Les lésions de pneumonie d'origine aérogène apparaissent en « V inversé » (figure 12). Les lobes cranio-ventraux sont plus rapidement et plus fortement atteints que les lobes diaphragmatiques. Les lésions sont d'abord centrales, et en cas de forte atteinte, elles progressent et peuvent affecter la partie antérieure des lobes diaphragmatiques (Carlyle Jones, Duncan Hunt, King 1997; Tassin, Rozier 1992a). Ceci pourrait être expliqué par une ventilation collatérale moins efficace que dans les lobes diaphragmatiques, ou caudaux (Herenda, Franco 1991), et par le fait que les agents pathogènes inhalés sont plus susceptibles d'atteindre en premier lieu les bronches des lobes cranio-ventraux et médiaux. Les voies respiratoires sont la porte d'entrée principale des agents pathogènes dans le cas des pneumonies (Carlyle Jones, Duncan Hunt, King 1997). Les atteintes pulmonaires de pneumonie sont plus ou moins sévères (figures 13 et 14). Les agents pathogènes peuvent également provenir du système sanguin (Carlyle Jones, Duncan Hunt, King 1997).

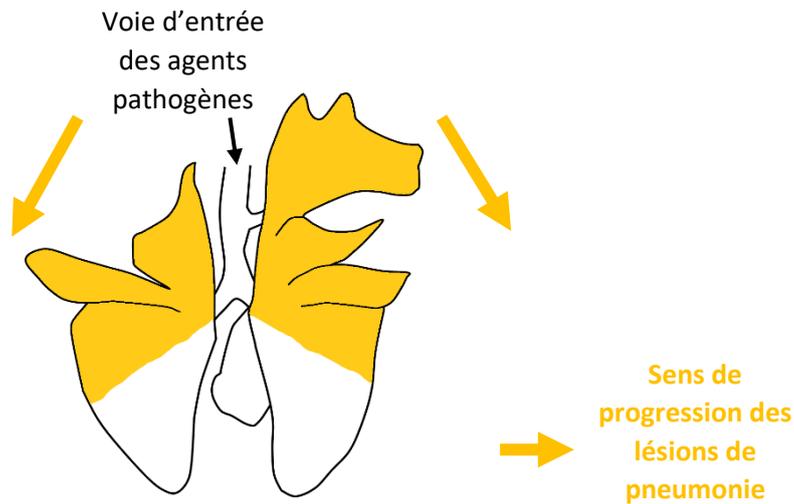


Figure 12 : Schéma représentant les lésions de pneumonie lors d'entrée des agents pathogènes par voie respiratoire, en « V inversé »

La voie principale d'entrée des agents pathogènes est la trachée. Les lésions atteignent premièrement les lobes les plus crâniens. En cas d'atteinte sévère, les parties antérieures des lobes diaphragmatiques sont atteintes. Source : modifié d'après Bressou, 1978.

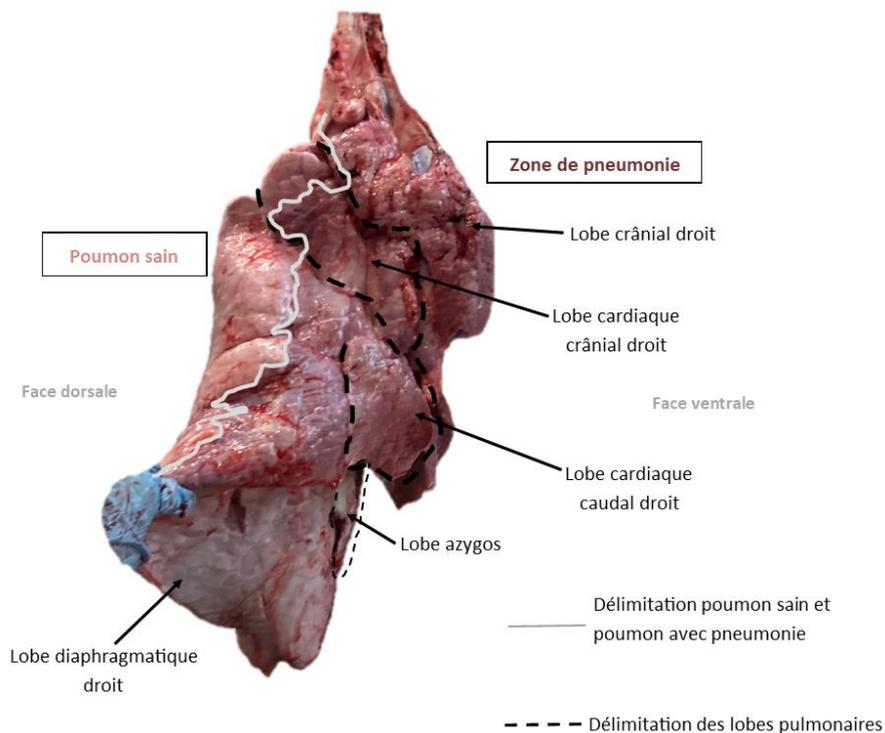


Figure 13 : Photographie légendée montrant une atteinte sévère d'un poumon de veau de boucherie par des lésions de pneumonie.

Les lésions de pneumonies apparaissent comme des zones rouges-grises. La partie crâniale et la partie antérieure du lobe diaphragmatique sont atteintes par la lésion de pneumonie.

Les lobes les plus crâniens sont complètement adhérents les uns aux autres. L'atteinte pulmonaire est sévère. Source : Arcangioli Marie-Anne.

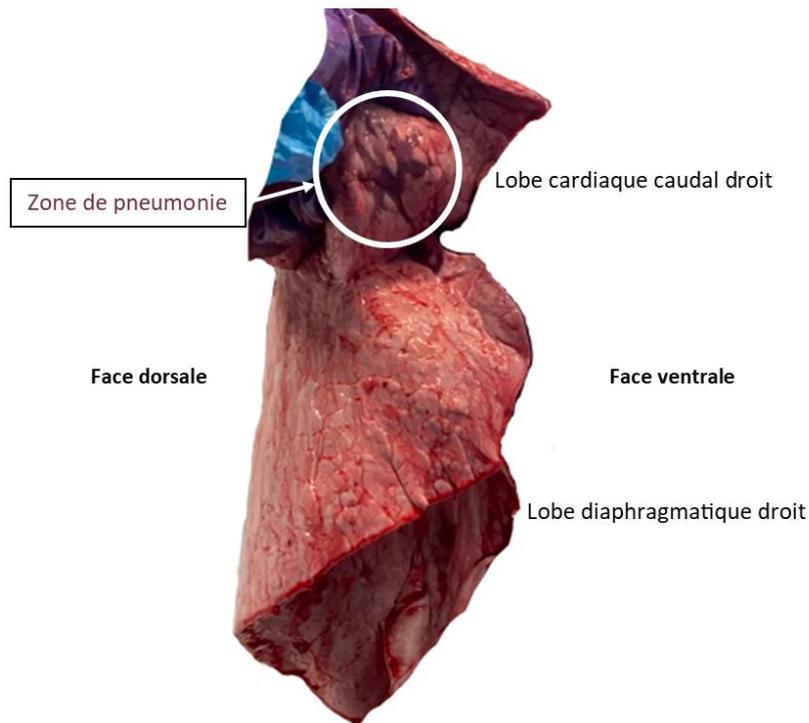


Figure 14 : Photographie légendée montrant une atteinte minimale d'un poumon de veau de boucherie par une lésion de pneumonie, ou d'atélectasie congénitale, sous le lobe cardiaque caudal droit.

Une lésion de pneumonie rouge-grise localisée est visible sous le lobe cardiaque caudal droit. L'atteinte est minimale. Le lobe cardiaque crânial droit et le lobe crânial droit ne sont pas visibles. Lors de visite en abattoir, il est important de palper et soulever les différents lobes pour constater l'ensemble des lésions. Source : Arcangioli Marie-Anne.

b. Lésions de pleurésie

Des lésions de pleurésie peuvent accompagner les lésions de pneumonie des bovins (Carlyle Jones, Duncan Hunt, King 1997; Meyer, Maillard 2020). En cas de pleurésie aiguë, on trouve de la fibrine sur les plèvres, un matériel blanc à jaune, non adhérent et élastique. En cas de pleurésie chronique, on trouve de la fibrose, un matériel blanc adhérent et non élastique. On peut aussi trouver du liquide d'épanchement dans la cavité thoracique (Meyer, Maillard 2020). La pleurésie peut accompagner une pneumonie, mais peut aussi être hémotogène (Carlyle Jones, Duncan Hunt, King 1997).

c. Lésions purulentes

Des abcès peuvent se former dans les poumons. Un abcès unique peut être causé par un corps étranger notamment. Des abcès miliaires, de très petite taille et uniformément répartis dans le parenchyme pulmonaire sont souvent pyohémiques, indiquant un passage d'agent pathogène dans la circulation sanguine. Des abcès multiples, plus ou moins

volumineux peuvent être une complication par des germes pyohémiques (Tassin, Rozier 1992a; Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 2013), et peuvent être présents dans le poumon par exemple lors de bronchopneumonie par de fausse déglutition (Cherel et al. 2017). Lors de bronchopneumonie, on peut trouver du pus dans les bronches (Tassin, Rozier 1992a).

d. Mélanose maculeuse

La mélanose maculeuse peut s'observer chez les poumons des jeunes ruminants sous forme de taches noires, et est liée à un défaut de l'embryogenèse (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 2013).

e. Hémorragie

Les poumons peuvent présenter des lésions hémorragiques, avec, parfois, présence de fibrine. Une septicémie, ou des lésions au niveau des capillaires sanguins pulmonaires peuvent être à l'origine d'une hémorragie pulmonaire (Carlyle Jones, Duncan Hunt, King 1997).

f. Prise en compte des artéfacts d'abattage

Tiquetage pulmonaire

Lorsque la trachée est touchée lors de la saignée, du sang envahit les alvéoles et les lobules. Le tiquetage pulmonaire, ou « piquetage » (Tassin, Rozier 1992b), apparaît sous forme de plages hémorragiques, avec présence de sang dans la trachée et les bronches (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 2013).

Viande saigneuse

Lorsque la saignée est incomplète ou insuffisante lors de l'abattage, une quantité importante de sang reste dans le système vasculaire. On a alors une coloration généralisée rose à rouge de la carcasse et des poumons notamment. Les nœuds lymphatiques sont normaux (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 2013).

2. Les données technico-économiques utilisées chez les veaux de boucherie à l'abattoir

Une carcasse est valorisée économiquement selon des critères objectifs comme le poids, l'âge de l'animal, le sexe et la race, mais aussi selon des critères comme l'état d'engraissement, la conformation musculaire et la couleur chez les veaux de boucherie. Un agent classificateur agréé par l'Etat ou par une structure professionnelle est chargé de d'attribuer à chaque carcasse sa situation dans les différentes catégories (FranceAgriMer 2010). En fonction des races, et de l'alimentation, le rendement de carcasse est de 53 % à 56 % (Legrand et al. 2010).

a. L'état d'engraissement

L'état d'engraissement est défini selon l'arrêté du 20 décembre 2010. Il s'agit d'une note attribuée à la carcasse allant de 1 à 5, de l'animal maigre à l'animal très gras, l'idéal étant une note de 3. Les différents critères permettant d'attribuer la note sont présentés dans le tableau III (Le ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire 2011).

L'état d'engraissement est influencé par l'âge d'abattage. Dans une étude menée par Legrand *et al.* (2010), les veaux abattus à six mois ont une carcasse plus maigre que ceux abattus à huit mois (Legrand et al. 2010). L'état d'engraissement ne semble cependant pas affecté par la complémentation solide donnée lors de l'élevage des veaux (Veissier, Bertrand, Toullec 2003), ni le comportement de l'éleveur avec les veaux (Lensink, Veissier, Florand 2001).

Tableau III : Catégories, appellations et description de l'état d'engraissement des carcasses

Catégorie	Appellation	Description
1	Maigre	Les graisses de couverture sont nettement manquantes
2	Peu couvert	Les graisses de couverture sont insuffisantes : le muscle est presque partout apparent, une mince pellicule recouvre certaines parties de la carcasse
3	Couvert	Légère pellicule de gras régulièrement répartie sur l'ensemble de la carcasse. Elle peut être très légèrement plus importante au niveau de la longe
4	Gras	Les graisses de couverture sont légèrement excédentaires. Dans l'ensemble, le gras recouvre toute la carcasse
5	Très gras	Les graisses de couverture sont nettement excédentaires

Source : Le ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, 2011.

b. La conformation musculaire

Les différentes catégories de conformation musculaire sont définies dans l'arrêté du 20 décembre 2010 et classe les carcasses de E à P, l'idéal étant la note E. Les différents critères permettant d'attribuer la note sont présentés dans le tableau IV (Le ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire 2011). D'après les données de la campagne 2020-2021 du réseau d'élevage Inosys, 26,02 % des veaux sont classés avec une conformation P (Briand, Coupin, Mathieu 2022).

La conformation musculaire est impactée par la race du veau. Les veaux croisés avec des races allaitantes sont mieux conformés. Le taux de veaux dont la carcasse est notée P (« passable ») est plus important chez les veaux Prim'Holstein (26,5 %) que les veaux croisés

lourds et légers (1,6 % et 2,4 %) (Briand, Coupin, Mathieu 2022). La conformation musculaire ne semble pas affectée par la complémentation solide donnée lors de l'élevage des veaux (Veissier, Bertrand, Toullec 2003).

Tableau IV : Catégories, appellations et description de la conformation musculaire de carcasse

Catégorie	E	U	R	O	P	
Appellation	Supérieure	Très bonne	Bonne	Assez bonne	Passable	
Description	Tous les profils sont convexes et caractérisent une musculature compacte et massive dans toutes les parties.	Les profils sont convexes dans l'ensemble. Certains profils sauf ceux du cuisseau peuvent être rectilignes. Musculature compacte et massive	Tous les profils sont au moins rectilignes, musculature épaisse	Les profils dans l'ensemble sont rectilignes parfois subconcaves. Musculature d'épaisseur moyenne.	Les profils sont concaves. Epaisseur musculaire réduite	
Profil général	Court, très rebondi et très épais	Rebondi et épais	Peut être allongé mais toujours épais	Allongé d'épaisseur moyenne	Allongé et plat	
Jarret	Court, très musclé et rebondi	Musclé et rebondi	Peut être assez important	-	-	
Cuisseau	Quasi	Toujours très rebondi, large et très épais	Rebondi, large et épais	Légèrement rebondi mais encore large	Rectiligne peut manquer d'épaisseur	Subconcave : manquant d'épaisseur
Noix	Toujours très rebondie et très épaisse	Rebondie et épaisse	Légèrement rebondie et encore assez épaisse	Peut manquer d'épaisseur	Manque nettement d'épaisseur	
Longe et carré	Très larges et très épais, forment des saillies musculaires très développées	Toujours larges et épais, forment des saillies musculaires moins prononcées	Larges et épais : le carré peut manquer de largeur mais non d'épaisseur	Souvent étroits. Manquent d'épaisseur sans être creux	Étroits et creux	
Basse	Epaule	Très rebondie très épaisse et musclée	Rebondie et musclée	Épaisse	Manque d'épaisseur	Généralement plate allant jusqu'aux os apparents
Bas de carré	Large et très épais	Toujours large et épais	Encore épais	D'épaisseur moyenne	Étroit	

Source : Le ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, 2011.

c. La couleur

La viande de veau est aussi notée selon sa couleur, d'une échelle de zéro à quatre (figure 15). Cette notation de la couleur de carcasse est spécifique aux veaux, et la couleur la plus recherchée, pour les veaux blancs, est la couleur blanche (classe 0) (Leruste, Lensink 2014).



Figure 15 : Nuancier en cinq classes de la viande de veau

La classe 0 correspond à la couleur « blanc », la classe 1 correspond à la couleur « rosé très clair ». La classe 2 correspond à la couleur « rosé clair ». La classe 3 correspond à la couleur « rosé ». La classe 4 correspond à la couleur « rouge ». Source : d'après Evrat, Georgel, 2010.

L'appréciation de la couleur se réalise au niveau du rectus abdominis, sur le flanc. Les différents critères permettant d'attribuer la note sont présentés dans le tableau V (Le ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire 2011). Un chromamètre peut être utilisé (Evrat Georgel 2010). D'après les données de la campagne 2020-2021 du réseau d'élevage Inosys, 79,09 % des veaux sont classés un ou deux en couleur de carcasse.

Tableau V : Catégories et appellation de couleur des carcasses de veau de boucherie

Catégorie	Appellation
0	Blanc
1	Rosé très clair
2	Rosé clair
3	Rosé
4	Rouge

Source : Le ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, 2011.

Dans la production de veaux blancs, les éleveurs recherchent une carcasse la plus claire possible. Le taux d'hémoglobine est responsable de la couleur de la viande. L'objectif est de se rapprocher d'un taux d'hémoglobine de 4,5 mmol/l de sang au moment de l'abattage, pour avoir une viande pâle, sans que l'animal soit anémié (Veissier, Bertrand, Toullec 2003). Cependant, les normes légales en hémoglobine chez les veaux restent trop faibles par rapport à la physiologie du veau (Six et al. 2005). La complémentation solide dans l'alimentation des veaux peut impacter la couleur de la viande selon la teneur en fer. Une teneur en fer élevée peut rendre la viande plus foncée. La teneur en fer des aliments solides doit donc être contrôlée si on souhaite maintenir une viande de couleur claire. Le stock en fer des veaux varie également selon la race, le sexe et l'âge d'abattage (Veissier, Bertrand, Toullec 2003; Legrand et al. 2010). Dans un essai mené par Legrand *et al.* (2010), les veaux abattus à six mois ont une carcasse de couleur significativement plus claire que celle de ceux abattus à huit mois (Legrand

et al. 2010). Le comportement des éleveurs pendant l'élevage influence aussi la couleur de la carcasse. Les éleveurs présentant des contacts doux avec les veaux (caresses, parler calmement, laisser sucer les doigts ...) ont des carcasses dont le pH est plus faible au moment de l'abattage, et dont la couleur est plus pâle (Lensink, Veissier, Florand 2001).

IV. L'utilisation de grilles de notation pulmonaire en médecine porcine et bovine

Les maladies respiratoires sont aussi une composante majeure chez les élevages porcins et l'observation post-mortem des poumons à l'abattoir est fréquemment réalisée. Des grilles de notation pulmonaire sont utilisées dans ce type de production. Les grilles sont un outil pour les éleveurs, vétérinaires et techniciens, dans le cadre d'enquêtes épidémiologiques, d'essais cliniques et de suivis d'élevages, afin d'améliorer la santé animale et les résultats technico-économiques de l'élevage, par la mise en place de mesures préventives environnementales ou via la vaccination par exemple. La grille de Madec, notamment utilisée en médecine porcine en France, présente une corrélation avec les performances des porcs (Leneveu et al. 2009).

Chez les veaux de boucherie, des grilles de notation pulmonaire ont été créées et utilisées dans le cadre d'essais expérimentaux notamment. La notation est généralement établie après euthanasie des animaux (Di Provvido et al. 2018). À notre connaissance, seules deux grilles de notation des poumons ont été utilisées sur la chaîne d'abattage (Leruste et al. 2012; Schneider et al. 2009).

1. Les grilles de notation pulmonaire chez les porcs

De nombreuses grilles sont utilisées pour quantifier les lésions pulmonaires en médecine porcine, dans le cadre d'essais pour tester différentes doses de vaccin, ou l'efficacité et la sécurité d'un vaccin, contre *Mycoplasma hyopneumoniae* notamment (Hillen et al. 2014; Dawson et al. 2002). Plusieurs notations sont utilisées en suivi d'élevage, la notation de Madec et de Goodwin en sont des exemples (cités par Leneveu et al. 2009).

a. La grille de Madec

Le principe de la notation lobe par lobe dans la grille de Madec

La notation s'effectue lobe par lobe, soit sur tous les lobes (il y en a sept chez les porcs), soit en ne prenant pas en compte le lobe azygos, assez difficilement observable à l'abattoir chez les porcs. Le score total obtenu est donc de 24 ou 28, en additionnant les notes de chaque

lobe (Leneveu et al. 2009). Chaque lobe est noté de zéro à quatre, comme présenté dans le tableau VI (Madec, Kobisch 1982). Cette notation est dite quantitative (Leneveu et al. 2009).

Tableau VI : Notation attribuée par lobe en fonction de l'étendue des lésions de pneumonie chez les porcs, selon la grille de Madec

Note/lobe	Etendue des lésions de pneumonie
0	Absence
1	Surface des lésions < pièce de 2€
2	Surface des lésions entre 2€ et la ½ du lobe
3	Surface des lésions entre la ½ et les ¾ du lobe
4	Surface des lésions > ¾ du lobe

Source : Madec, Kobisch, 1982.

Les avantages et les limites de la grille de Madec

Cette grille présente l'avantage d'utiliser comme repère la pièce de deux euros, qui est une surface connue de tous et elle est assez exhaustive car elle prend en compte tous les lobes (dans le cas de la notation sur 28). Cette grille est largement utilisée en France dans le cadre de suivis d'élevages, d'enquêtes épidémiologiques pour son pouvoir de discrimination et sa corrélation avec les performances technico-économiques des porcs (Leneveu et al. 2009).

b. La grille de notation simplifiée sur quatre

Le principe de notation dans la grille de notation simplifiée

Il s'agit d'une version simplifiée de la grille de notation sur 28 de Madec. Chaque surface lésée est notée de zéro à quatre, comme présenté dans le tableau VII. Cette grille permet une notation qualitative des poumons, plus globale que la précédente et plus rapide, et est donc plus adaptée au suivi d'élevages (Leneveu et al. 2009).

Tableau VII : Notation attribuée par lobe en fonction de l'étendue des lésions de pneumonie chez les porcs, selon la grille de notation simplifiée

Note globale	Etendue des lésions de pneumonie
0	Absence
1	Surface des lésions < moitié d'un lobe
2	Surface lésée équivalente au maximum à 1 lobe
3	Surface lésée équivalente au maximum à 2 lobes
4	Surface lésée > 2 lobes

Source : Leneveu et al., 2009.

Les avantages et les limites de la grille de notation simplifiée

Cette grille est adaptée à la cadence soutenue de certains abattoirs porcins par sa rapidité d'utilisation et pour le suivi d'élevages très atteints. Néanmoins, elle peut aussi

pousser à ne pas regarder consciencieusement tous les lobes et sous-estimer l'importance des petites lésions, ainsi que de ne pas mettre en évidence d'amélioration d'un lot à l'autre dans le cas d'élevages très fortement atteints (Leneveu et al. 2009).

c. Les autres grilles de notation pulmonaire en médecine porcine

D'autres grilles de notation pulmonaire existent et donnent des poids différents aux lésions en fonction de leur localisation sur les poumons, comme les grilles de Straw *et al.* et de Goodwin *et al.* (Leneveu et al. 2009).

La grille américaine de Straw et al.

La notation se réalise lobe par lobe, en pourcentage, en tenant compte de la taille de la lésion, et du poids attribué à chaque lobe. Le poids attribué au lobe est établi en fonction de l'importance de chaque lobe dans le volume pulmonaire, et est présenté dans le tableau VIII (Leneveu et al. 2009).

Tableau VIII : Poids attribué à chaque lobe pulmonaire selon la grille de Straw et al.

Lobe	Poids attribué (en %)
Crânial droit	10
Crânial gauche	10
Cardiaque droit	10
Cardiaque gauche	10
Diaphragmatique droit	25
Diaphragmatique gauche	25
Azygos	10

Source : Straw et al., 1986, cité par Leneveu et al., 2009.

La grille anglaise de Goodwin et al.

Pour Goodwin *et al.* (1969) les lobes diaphragmatiques sont rarement atteints en leur centre, mais plutôt sur la partie antérieure dans le cas de pneumonie enzootique. Il choisit de ne pas tenir compte de la partie postérieure des lobes diaphragmatiques et de noter uniquement le reste du poumon. Les lésions sont notées en fonction de la taille de la lésion et de la notation maximale possible par lobe. La notation maximale par lobe est présentée dans le tableau IX. La note totale se fait en sommant les tailles attribuées à chaque lobe, sauf les parties postérieures des lobes diaphragmatiques. Le score maximal est de 55 (Leneveu et al. 2009).

Tableau IX : Taille de lésion maximale attribuée à chaque lobe selon la grille de Goodwin *et al.*

Lobe	Taille de lésion maximale attribuée (en points)
Crânial droit	10
Crânial gauche	10
Cardiaque droit	10
Cardiaque gauche	10
Partie antérieure du lobe diaphragmatique droit	5
Partie antérieure du lobe diaphragmatique gauche	5
Azygos	5

Source : Goodwin *et al.*, 1969, cité par Leneveu *et al.*, 2009.

De nombreuses autres grilles existent, et les choix faits lors de leur édification dépendent de l'utilisation qui leur est réservée. Une grille utilisée pour quantifier précisément l'étendue des lésions pulmonaires ne sera pas forcément la même qu'une grille destinée à noter la pneumonie enzootique à l'abattoir (Leneveu *et al.* 2009).

2. Les grilles de notation pulmonaire chez les bovins

Des grilles de notation pulmonaire sont également utilisées chez les bovins. Plusieurs de ces grilles sont présentées dans l'article de Di Provvido *et al.* (2018). Elles peuvent être utilisées pour évaluer un protocole de vaccination, étudier la pathogénie d'une maladie respiratoire ou étudier les relations entre les lésions pulmonaires et les signes cliniques. La majorité de ces grilles sont destinées à une utilisation en recherche, les animaux étant euthanasiés pour évaluer les lésions pulmonaires. La note attribuée au poumon se fait soit sur la totalité du poumon avec un pourcentage, soit par lobe (Di Provvido *et al.* 2018).

Parmi ces auteurs, seuls Leruste *et al.* (2012) ont réalisé une grille de notation pulmonaire utilisée à l'abattoir chez des veaux de boucherie élevés dans 174 élevages en France, Italie et aux Pays-Bas. Leurs notations ont été faites de façon globale sur le poumon.

Ces auteurs l'ont établie pour évaluer la relation entre les signes cliniques et les lésions pulmonaires à l'abattoir. Un score de pneumonie était donné pour l'ensemble du poumon. Une note de 0 correspondait à des poumons sains, de couleur orange pâle sans signe de pneumonie. Une note de 1 correspondait à des lésions minimales, avec un endroit de décoloration rouge-grise. Une note de 2 correspondait à des lésions moyennes à modérées, avec une grosse lésion ou plusieurs petites lésions rouge-grises d'une surface totale inférieure à un lobe. Une note de 3 correspondait à des lésions sévères, avec une décoloration rouge-grise d'une aire d'au moins un lobe entier ou/et la présence d'abcès.

Schneider et al. (2009) ont aussi réalisé une étude sur près de 6 000 veaux élevés en parc d'engraissement aux Etats-Unis, également après l'abattage des animaux. Un score de pneumonie de 0 correspondait à un poumon sain. Un score de 1 correspondait à une lésion d'un seul lobe crânial, d'une taille inférieure à 5 % du volume pulmonaire total. Un score de 2 correspondait à la présence d'adhérences associées à des lésions dans plus d'un lobe crânial, d'une taille cumulée comprise entre 5 % et 10 % du volume pulmonaire, et ainsi de suite avec une atteinte de 10 % à 15 % du volume pulmonaire et/ou une partie du poumon perdue pour le score 3, 15 % pour le score de 4. Enfin, un score de 5 correspondait à une atteinte visible au niveau des nœuds lymphatiques bronchiques (Schneider et al. 2009).

PARTIE 2 : ÉTUDE SPECIFIQUE : ÉTABLISSEMENT

D'UNE GRILLE DE NOTATION DE LÉSIONS PULMONAIRES

CHEZ LE VEAU DE BOUCHERIE A L'ABATTOIR

Comme nous l'avons vu précédemment, les maladies respiratoires occupent une part importante dans l'élevage des veaux de boucherie. Les nombreux agents pathogènes respiratoires et les conditions inhérentes à ce type d'élevage font des maladies respiratoires un enjeu important difficile à prévenir. De nombreux traitements sont utilisés pour lutter contre ces maladies, dont les antibiotiques et les vaccins (Martineau 2012). Dans un contexte de lutte contre l'antibiorésistance, la quantité d'antibiotiques utilisée doit être diminuée et leur utilisation doit être raisonnée (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 2017). L'utilisation de la vaccination est fortement encouragée en ce sens, ainsi que les études d'impact de celle-ci sur différentes maladies (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 2017). Pour autant, le très jeune âge des animaux introduits et leur provenance très variée limite ses effets. En médecine porcine, l'utilisation de grilles de notation pulmonaire est fréquente dans le cadre d'essais cliniques pour comparer l'état sanitaire de lots ayant été vaccinés ou non, de suivis d'élevages, d'enquêtes épidémiologiques, et pour étudier les performances des porcs (Leneveu et al. 2009; Hillen et al. 2014; Dawson et al. 2002; Wilson et al. 2012).

Chez les veaux de boucherie, les signes cliniques et les prélèvements du vivant de l'animal sont plus souvent utilisés dans le diagnostic, ou en situation de suivi. Plusieurs systèmes de notation pulmonaire sont utilisés, mais la plupart pour des raisons expérimentales, sans laisser le temps de la guérison comme en élevage. À notre connaissance, seules deux de ces grilles ont été utilisées à l'abattoir (Leruste et al. 2012; Schneider et al. 2009). Les données technico-économiques des carcasses, l'état d'engraissement, la conformation musculaire et la couleur semblent encore moins fréquemment utilisées comme outil d'évaluation de mesures de gestion ou de suivi.

L'objectif de notre travail était de créer une grille de notation pulmonaire utilisable sans formation préalable à l'abattoir, adaptée aux veaux de boucherie, qui puisse constituer un outil supplémentaire dans l'appréciation d'une mesure de gestion des maladies respiratoires. Après avoir testé la reproductibilité de la notation entre deux opérateurs, nous avons étudié la corrélation des scores pulmonaires avec les données technico-économiques des carcasses et la consommation d'antibiotiques à visée respiratoire, au niveau de l'élevage comme au niveau individuel.

I. Matériel et méthodes

Plusieurs grilles de notation pulmonaire ont été créées, inspirées des grilles pulmonaires existantes en médecine porcine. Les objectifs fixés pour la réalisation de la grille étaient la cohérence avec l'aspect lésionnel des bronchopneumonies (en « V » inversé) (cf I. IV. 1. a.), sa facilité d'utilisation à l'abattoir et la reproductibilité des scores entre utilisateurs.

1. L'établissement de la grille de notation pulmonaire et sa reproductibilité

a. La création de la grille de notation pulmonaire

Plusieurs grilles ont été créées et testées en s'inspirant principalement de la grille proposée par Madec chez les porcs (Madec, Kobisch 1982), avec l'aide de la vétérinaire ayant participé à ce travail. La grille de Madec a été choisie comme modèle principal car la notation lobe par lobe semblait plus exhaustive et simple à utiliser. Ces premières grilles sont présentées en annexe 2. Le score pulmonaire global du poumon était la somme des notes attribuées à chaque lobe pulmonaire selon la grille choisie. Dans la grille finale, les notes sont attribuées lobe par lobe, en divisant le lobe cardiaque en lobe cardiaque crânial droit et lobe cardiaque caudal droit (figure 16). Chaque lobe peut être noté de 0 à 3, en fonction de l'étendue de la lésion (tableau X). La note maximale obtenue est alors de 24. La présence d'abcès et de pleurésie sont ajoutées comme remarques dans cette grille. La case « RAS » permet de noter plus rapidement un poumon sain. La case « numéro carcasse » est utilisée pour noter le numéro d'abattage de l'animal. La grille telle qu'utilisée à l'abattoir est présentée en annexe 3.

Tableau X : Note par lobe pulmonaire en fonction de l'étendue des lésions de pneumonie dans la troisième grille de notation pulmonaire

Note/lobe	Etendue des lésions de pneumonie
0	Absence de lésion
1	Surface des lésions de moins d'un tiers du lobe
2	Surface des lésions 1/3 – 2/3 du lobe
3	Surface des lésions > 2/3 du lobe

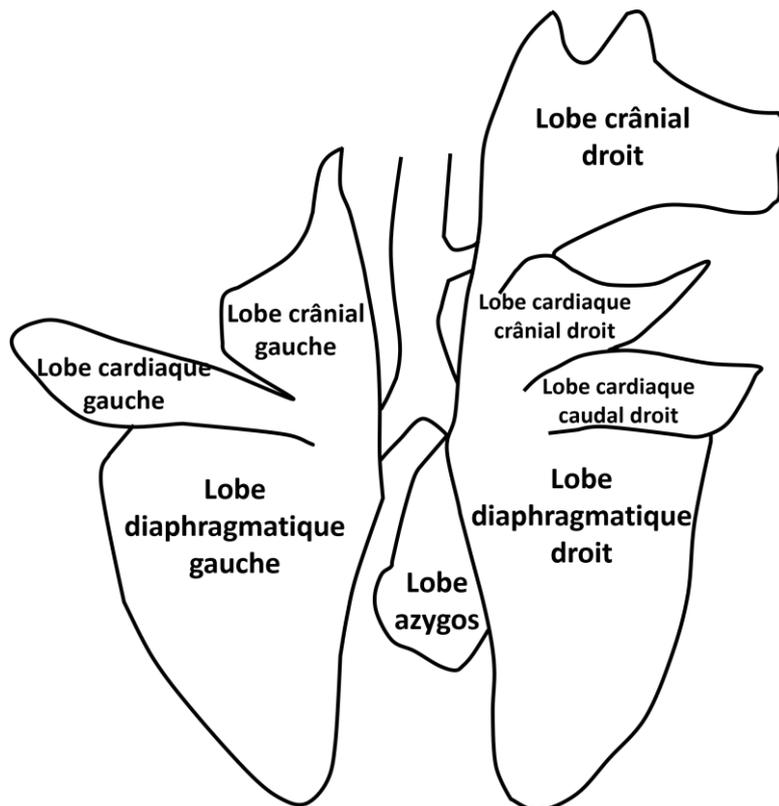


Figure 16 : Représentation du découpage des lobes utilisé pour la grille de notation des poumons à l'abattoir

Le lobe cardiaque droit est découpé en lobe cardiaque crânial droit et lobe cardiaque caudal droit. Huit lobes sont notés sur cette grille. Source : modifié d'après Bressou, 1978.

b. L'utilisation de la grille par deux opérateurs et sa reproductibilité

La reproductibilité a été testée en comparant la notation de deux opérateurs différents, notant simultanément les mêmes poumons, sans se concerter, avec la même grille et sur la même plateforme à l'abattoir. Ce test a eu lieu sur une demi-journée à l'abattoir.

2. Le recueillement des données à l'abattoir et conditions d'observation des poumons

L'essai des grilles a été réalisé à l'abattoir de La Talaudière (42), avec l'autorisation de son directeur.

a. La collecte des données à l'abattoir

L'organisation et l'observation des poumons à l'abattoir

L'observation et la palpation des poumons étaient réalisées pendant plusieurs heures consécutives, entrecoupées de pauses de 20 minutes lors de l'arrêt de la chaîne. Tous les poumons étaient notés selon la grille de notation pulmonaire précédemment définie.

L'enregistrement du numéro d'abattage et du score par lobe s'effectuait sur la grille, sur un support papier.

La source des données technico-économiques des carcasses

Les données technico-économiques des carcasses (poids, couleur, état d'engraissement, conformation musculaire) ont été fournies par l'abattoir, juste après l'abattage, ainsi que le numéro d'identification de l'animal, son numéro d'abattage et son élevage engraisseur. Les élevages auxquels appartenaient les carcasses étaient donc connus *a posteriori* avec ces données. Dans les lots observés, certains provenaient d'élevage de veaux de boucherie blancs, et d'autres provenaient d'élevages de veaux de grain, ou rosés. Ces données étaient rentrées sur Microsoft Excel.

b. Les conditions d'observation des poumons

La description du poste

Le poste était situé juste après l'éviscération de la fressure, et avant le poste des services vétérinaires. Les poumons étaient donc entiers, non coupés. L'arrivée de la carcasse du veau précédait de quelques secondes celle de la fressure. La carcasse était située dans le dos de l'opérateur face aux poumons. La hauteur de la plateforme était réglable, l'opérateur était en face des poumons pour leur observation. Il fallait tendre le bras au-dessus de la plateforme pour atteindre la fressure et manipuler l'ensemble. L'éclairage au niveau du poste était constitué de lumière naturelle et artificielle. La luminosité était bonne et permettait l'observation facile des lésions (figure 17).



Figure 17 : Photographie montrant la fressure, illustrant les conditions d'observation à l'abattoir.

La fressure est composée du cœur, du foie, de la rate et des poumons. Source : Arcangioli Marie-Anne.

La cadence

Au niveau de la chaîne d'abattage des veaux, la cadence était d'environ 50 à 55 veaux par heure. Cette vitesse de passage des carcasses permettait l'observation de tous les poumons d'un lot, au rythme d'une fressure par minute.

L'observation et la palpation

L'observation et la palpation méthodiques des poumons étaient réalisées, en commençant par le lobe crânial droit. Puis, le cardiaque droit, le lobe azygos et le lobe diaphragmatique droit étaient palpés, suivis des lobes crânial, cardiaque et diaphragmatique gauches. Le choix de commencer par les lobes les plus crâniens pour chaque poumon permettait de gagner du temps, car ces lobes sont les plus rapidement et complètement atteints en cas de pneumonie, et de modérer la présence d'éventuels artéfacts visibles. Chaque lobe était observé et palpé sur chacune de ses faces. Le score pulmonaire retenu pour l'évaluation de la corrélation entre le score pulmonaire et les données technico-économiques des carcasses a été attribué par la même personne.

3. La consommation d'antibiotiques

La vétérinaire sanitaire n'a pu transmettre que le carnet sanitaire de l'élevage G pour l'étude de la consommation individuelle d'antibiotiques. Les veaux traités y étaient identifiés individuellement grâce à leur numéro de boucle auriculaire correspondant à leur passeport. Les spécialités utilisées dans ces élevages pour une indication respiratoire ont été précisées par la vétérinaire. Il s'agissait des spécialités Longicine® (oxytétracycline), Mycoflor® (florfenicol), Vétrimoxin® (amoxicilline) et Draxxin® (tulathromycine). Le nombre de jours de traitement et le nombre de spécialités différentes à visée respiratoire, par veau, ont été notés et ces données rentrées sur Microsoft Excel. L'ensemble des veaux de ce lot a reçu un traitement collectif par voie orale à son arrivée dans l'élevage, à base d'oxytétracycline et de néomycine, pendant cinq jours.

4. Les critères d'inclusion et d'exclusion

a. Les critères d'inclusion et d'exclusion des carcasses observées à l'abattoir

Les veaux inclus étaient des veaux de boucherie, de cinq à sept mois d'âge au moment de leur jour d'abattage. Tous les veaux inclus étaient issus de lots d'un élevage engraisseur stricto sensu, les veaux issus de lots d'un élevage naisseur-engraisseur étaient exclus. Les veaux dont les passeports n'ont pas été transmis à l'abattoir le jour de l'abattage n'ont pas pu être inclus dans l'évaluation de la corrélation avec les différentes données technico-économiques des carcasses. Pour la corrélation avec la couleur de carcasse, l'analyse a porté sur les seuls veaux blancs (définis dans le chapitre I.I.3.) en raison de la trop grande différence avec la couleur de carcasse des veaux rosés.

b. Les critères d'inclusion et d'exclusion de la consommation d'antibiotiques

Seuls les veaux présents sur le carnet sanitaire et dont les poumons avaient été observés à l'abattoir ont été pris en compte. Les lots qui n'étaient pas suivis par la vétérinaire incluse dans l'étude ont été exclus de cette partie de notre analyse.

5. Les analyses statistiques réalisées

La totalité des représentations graphiques et des analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (R Core Team 2023). L'ensemble du script est présenté en annexe 4.

a. La définition de classes de score pulmonaire pour l'étude au niveau individuel

Des classes de score pulmonaire ont été définies pour obtenir des effectifs théoriques supérieurs à cinq afin de réaliser un test du khi-deux de Pearson. Ces classes sont des

regroupements de score successifs, en lien avec la gravité de l'atteinte clinique et suivent la progression crânio-dorsale des lésions pulmonaires de pneumonie chez les bovins (cf I.IV.1.a.).

La classe 0 correspond aux scores pulmonaires de 0, 1 et 2. Il s'agit d'un poumon sans lésion, ou avec une lésion n'excédant pas deux tiers d'un des lobes les plus crâniens, ou une lésion de moins d'un tiers de deux des lobes les plus crâniens. Cette classe comprend essentiellement les poumons sains, ou avec une lésion minime, correspondant à un animal sans signes cliniques. La classe 1 correspond aux scores pulmonaires de 3, 4 et 5. Cette classe correspond à une atteinte modérée des poumons (avec une atteinte complète d'un des lobes les plus crâniens, ou une surface de plus d'un tiers d'au moins deux lobes). La classe 2 correspond aux scores pulmonaires de 6, 7 et 8, et cette classe comprend les atteintes sévères (avec une atteinte complète des deux lobes crâniens, ou au moins trois lobes atteints aux deux tiers). La classe 3 correspond aux scores pulmonaires de 9 à 24. Cette classe correspond à une atteinte très sévère. Il s'agit des poumons les plus atteints, affectés sur une surface d'au moins trois des lobes les plus crâniens et comprenant souvent une atteinte des lobes diaphragmatiques.

b. L'étude de la reproductibilité des notations avec la grille pulmonaire

La corrélation entre les notations des deux opérateurs a été quantifiée avec un coefficient de corrélation des rangs de Spearman, et un graphique de Bland et Altman (Bland, Altman 1986; Freund 2016) a été réalisé. La différence maximale considérée comme acceptable entre les deux notations était de trois points de score pulmonaire, ce qui représentait la taille d'une classe pulmonaire.

c. La comparaison au niveau des élevages

L'objectif était de comparer les élevages en fonction de leur score pulmonaire, et pour l'état d'engraissement, la conformation musculaire et la couleur de carcasse. Le score pulmonaire, l'état d'engraissement et la couleur de carcasse étaient des variables quantitatives. La note de conformation musculaire EUROP était une variable qualitative, qui a été transformée en variable quantitative pour obtenir une représentation graphique satisfaisante. La note de 1 était attribuée à la note E, le meilleur classement, la note de 2 à la note U, la note 3 à la note R, la note 4 à la note O et la note 5 à la note P, le plus fort déclassement.

Les élevages étaient une variable qualitative. L'unité statistique utilisée était l'élevage. La normalité de la distribution des données a été testée. Comme la distribution des scores pulmonaires et des données technico-économiques dans chaque élevage ne suivait pas une loi normale, un test de Kruskal-Wallis a été réalisé pour comparer les élevages en fonction de

leur score pulmonaire, de l'état d'engraissement, de la conformation musculaire et de la couleur de carcasse.

d. La corrélation entre la classe pulmonaire et les données technico-économiques des carcasses et/ou les données de consommation d'antibiotiques au niveau individuel

Nous avons étudié la corrélation entre la classe de score pulmonaire et les données technico-économiques des carcasses d'une part, et la classe de score pulmonaire et la consommation individuelle d'antibiotiques d'autre part. L'unité statistique de base était le veau de boucherie. Les différentes classes définies précédemment (cf. II.1.6.b) ont été utilisées pour obtenir des effectifs de taille suffisante tout en maintenant le sens biologique du score. La classe de score pulmonaire est une variable qualitative à quatre modalités.

Les corrélations étudiées ont été réalisées pour la classe de score pulmonaire et l'état d'engraissement, la conformation musculaire, la couleur de viande d'une part, et le nombre de jours de traitement, le nombre de traitements antibiotiques à visée respiratoire différents reçus d'autre part. La conformation musculaire, l'état d'engraissement et la couleur de carcasse étaient des variables qualitatives à cinq modalités (cf I.IV.2.). Le nombre de traitements antibiotiques à visée respiratoire et le nombre de jours de traitement antibiotique à visée respiratoire étaient des variables quantitatives. Le nombre de traitements antibiotiques différents est le nombre de traitement individuels différents à visée respiratoire administré à un veau, sans prendre en compte le traitement collectif au démarrage. Le nombre de jours de traitement antibiotique à visée respiratoire était le nombre de jours pendant lesquels les traitements antibiotiques à visée respiratoire administrés à un veau sont au-dessus des concentrations minimales inhibitrices habituelles des *Pasteurellacées*, en prenant en compte la durée du traitement collectif initial. Ces valeurs ont été présentées (cf. II.1.5.b.).

Un test du khi-deux de Pearson a été réalisé pour étudier les corrélations entre la classe de score pulmonaire et chaque donnée technico-économique des carcasses (état d'engraissement, conformation musculaire et couleur de carcasse). Un calcul des p-values par simulation de Monte Carlo a été réalisé, dans les cas où l'effectif théorique minimal de cinq nécessaire à la réalisation du khi-deux de Pearson classique n'était pas atteint. Cinq répétitions de ces tests ont été réalisées. Ces répétitions ont permis de tenir compte de la part aléatoire due aux simulations de Monte Carlo (Hope 1968). Concernant les données de consommation d'antibiotiques, seuls les résumés statistiques et la représentation graphique des données ont été réalisés.

II. Résultats

1. Le choix de la grille et sa reproductibilité

La comparaison des notations entre deux opérateurs différents a été réalisée sur 93 poumons. Parmi ces poumons, 37 n'ont pas été inclus dans la suite de l'étude car l'abattoir n'a pas pu fournir les notes d'appréciation de ces carcasses.

Une corrélation forte était visible entre les notations des deux opérateurs, avec la plupart des points alignés le long de la droite d'équation $x = y$, et un coefficient de corrélation des rangs de Spearman égal à 0,96 (p -value = $2,2 \times 10^{-16}$). Une seule valeur extrême (point de coordonnées (12 ; 22)) a été remarquée, en vert sur le graphique (figure 18).

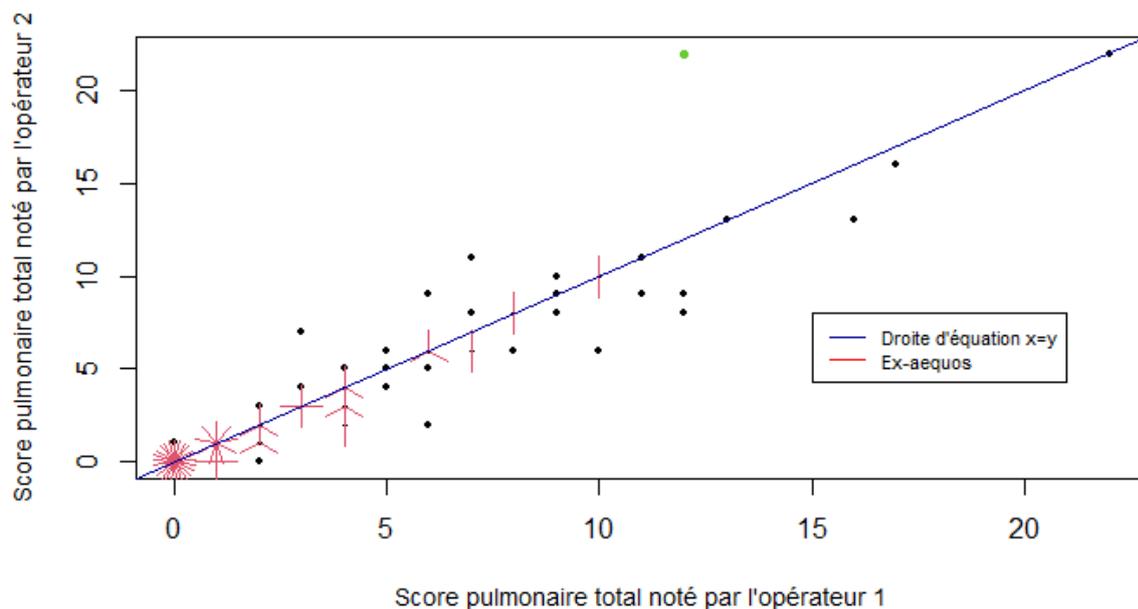


Figure 18 : Graphique représentant la corrélation entre les notes de score pulmonaire de l'opérateur 2 (en ordonnée) et de l'opérateur 1 (en abscisse)

Les ex-aequo sont représentés par des traits rouges. La droite bleue est la droite d'équation $x = y$.

Le graphique de Bland et Altman indique la différence entre les deux notations. La majorité des notes attribuées par les deux opérateurs étaient semblables, la moyenne des différences entre les notations était de 0,17, ce qui paraît négligeable. La différence entre les notations pour les valeurs comprises entre ces limites n'excédait pas 3,38, ce qui correspondait à l'intervalle de valeur d'une classe pulmonaire. Seules sept valeurs n'étaient pas comprises dans l'intervalle représenté par une classe pulmonaire, de 3,17 et -2,83. On remarque la même valeur extrême que précédemment (figure 19).

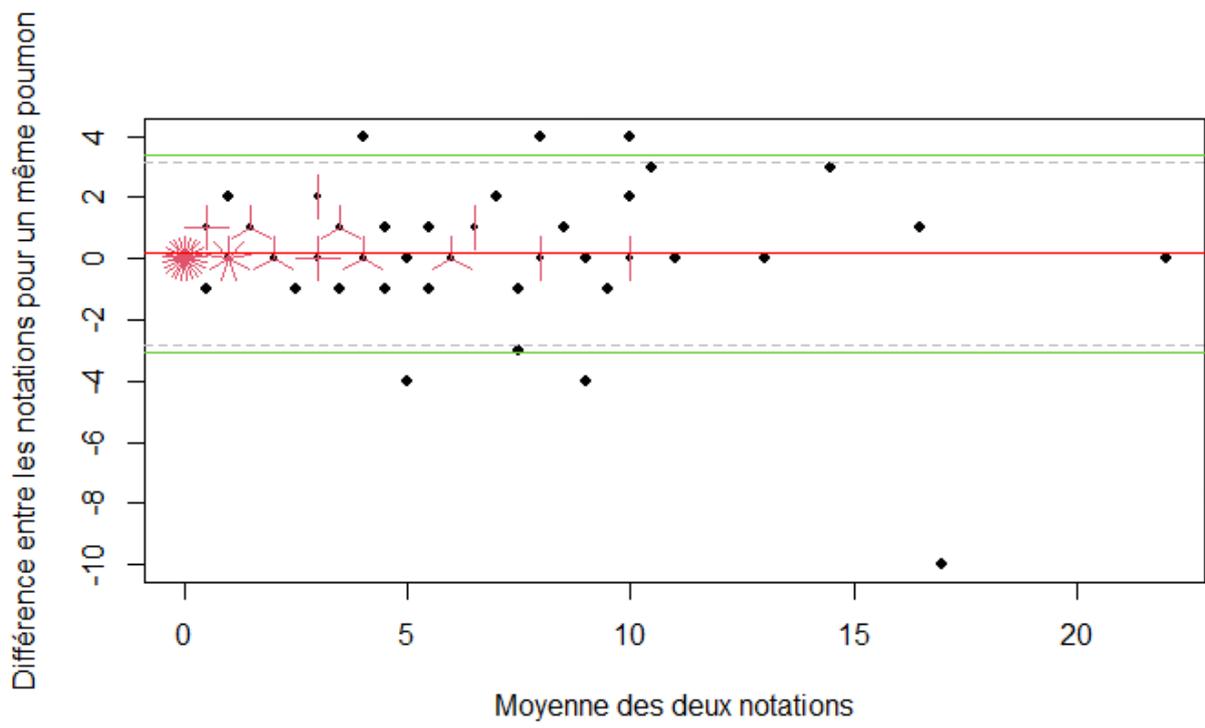


Figure 19 : Graphe de Bland et Altman

Les droites rouges partant des points représentent les notations ex-aequos. La droite horizontale rouge matérialise la moyenne des différences entre les notations. Les droites horizontales vertes représentent les limites de concordance hautes et basses (moyenne $\pm 2x$ l'écart type de la différence des notations). Les droites horizontales en pointillés représentent les limites d'une classe pulmonaire (moyenne ± 3).

2. La présentation de l'échantillon étudié

a. Les élevages

Des poumons de veaux provenant de 13 élevages différents ont été étudiés. Ces élevages étaient situés en Isère (38), Haute-Garonne (31), Saône et Loire (71), Drôme (26), Loire (42), Haut-Rhin (68) et dans le Gers (32). Les veaux blancs ont été élevés dans les élevages C, G, L et M (annotation avec une étoile). Les autres élevages étaient des élevages de veaux rosés, ou de grain. L'effectif de poumons de veaux observés varie de trois à 104 par lot (tableau XI).

Tableau XI : Nombre de poumons de veaux observé par élevages

Elevage	A	B	C*	D	E	F	G*	H	I	J	K	L*	M*
Effectif de poumon de veau observé	104	49	8	26	43	3	66	37	57	5	56	63	48

*Élevages de veaux blancs

b. Les poumons observés

L'étude a été menée sur 565 poumons de veaux de boucherie, tous notés par la même personne, dont 185 poumons de veaux blancs, et 380 poumons de veaux rosés, ou de grain. Trente-sept poumons n'ont pas pu être inclus pour la comparaison entre le score pulmonaire et les données technico-économiques des carcasses, car l'abattoir n'a pas pu fournir ces données à la suite de l'absence du passeport national bovin de ces animaux le jour de l'abattage.

c. Les données concernant la consommation d'antibiotiques

Les données concernant la consommation d'antibiotiques provenaient d'un seul élevage (G). Soixante-six veaux de cet élevage ont été observés à l'abattoir, dont 38 ont reçu un traitement antibiotique individuel, supplémentaire au traitement collectif à l'arrivée. Tous les veaux ont reçu un traitement antibiotique à visée respiratoire collectif pendant cinq jours après leur arrivée en élevage.

3. La représentation de score en fonction des élevages et des données de carcasse

a. Le résumé statistique du score pulmonaire par lot

La médiane de score pulmonaire dans chaque lot variait entre 0 et 3,5. L'espace interquartile maximum était de cinq pour l'élevage K, et le plus faible était de 0,8, pour l'élevage J. Le score pulmonaire maximum, atteint par un veau de l'élevage L, était de 22. La distribution des scores pulmonaires était différente entre les différents élevages (figure 20). Pour la majorité des élevages, la plupart des poumons avaient un score pulmonaire de 0, donc appartenaient à la classe 0. L'élevage K était le seul élevage dont la médiane de score pulmonaire appartenait à la classe pulmonaire 1 (figure 20). Un test de Kruskal-Wallis a été réalisé, et a montré une différence globalement significative entre les élevages (p -value = 1×10^{-8}). Les résumés statistiques du score pulmonaire en fonction de chaque élevage sont présentés en annexe 5.

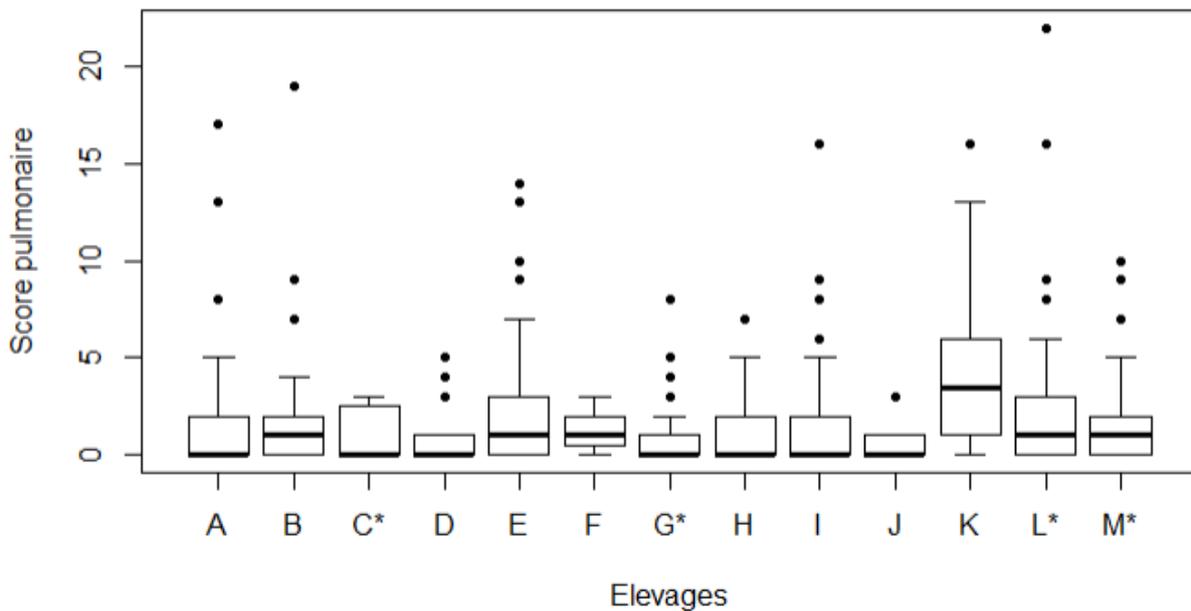


Figure 20 : Diagramme en boîte représentant les scores pulmonaires par élevages

Les valeurs extrêmes sont représentées par un point. Les barres verticales indiquent la plus grande et la plus petite valeur comprise dans 1,5 fois l'espace interquartile.

* Élevages des veaux blancs

b. Le score pulmonaire et les données de carcasse par lot

La plupart des élevages étaient semblables en termes de notes d'état d'engraissement, avec une note de 3 (« couvert ») représentée de façon majoritaire, malgré des différences importantes de distribution au niveau du score pulmonaire en fonction des lots (figure 21). Certains élevages apparaissaient très similaires en termes de conformation musculaire, comme les élevages B, K, et M, avec une distribution semblable des notes. Ces similitudes n'étaient pas constatées en termes de score pulmonaire, l'élevage K ayant par exemple une distribution plus large que les élevages cités précédemment. Concernant la couleur de carcasse, les élevages de veaux blancs présentaient tous des couleurs de carcasse majoritaire de 2 (« rosé clair »). Ce n'était pas le cas des élevages de veaux rosés dont les couleurs étaient plus variées, avec la couleur 4 (« rouge ») fréquemment représentée. Les élevages de veaux blancs G et L, semblables en termes de couleur de carcasse, présentaient une distribution différente de score pulmonaire. Un test de Kruskal-Wallis a été réalisé pour chaque donnée technico-économique, et a montré une différence significative entre les élevages (p -value = $5,3 \times 10^{-12}$, p -value = $2,2 \times 10^{-12}$, p -value = $2,2 \times 10^{-16}$, pour l'état d'engraissement, la conformation musculaire, et la couleur de carcasse respectivement).

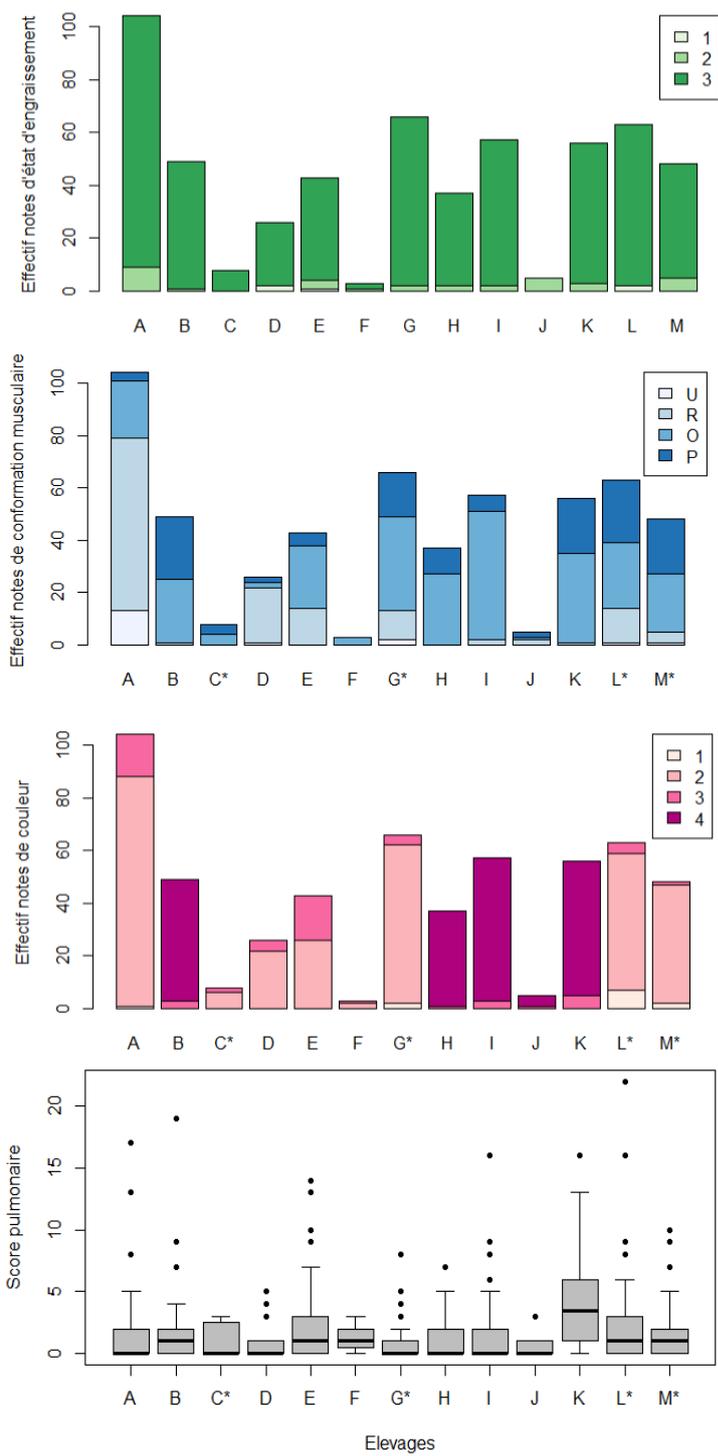


Figure 21 : Schéma représentant les données technico-économiques de carcasse et les diagrammes en boîte représentant les scores pulmonaires, en fonction des lots

Les notes d'état d'engraissement par élevage sont colorées en vert. Les notes de conformation musculaire par élevage sont colorées en bleu. Les notes de couleur de carcasse sont colorées en rose. Les diagrammes en boîte représentent le score pulmonaire de l'élevage correspondant. * Élevages des veaux blancs

4. La distribution des données technico-économiques des carcasses au niveau individuel

a. La distribution des notes état d'engraissement

Très peu de carcasses ont été notées 1 (« maigre »). Les notes d'état d'engraissement 4 (« gras ») et 5 (« très gras ») n'ont pas été attribuées aux carcasses examinées dans l'étude. La note d'état d'engraissement 3 (« couvert ») a été la plus fréquemment attribuée, et représentait 93,3 % des notes attribuées. Les pourcentages des notes d'état d'engraissement 1 et 2 étaient de 1 % et 6 % respectivement (figure 22). Le résumé statistique des notes d'état d'engraissement est présenté en annexe 6.

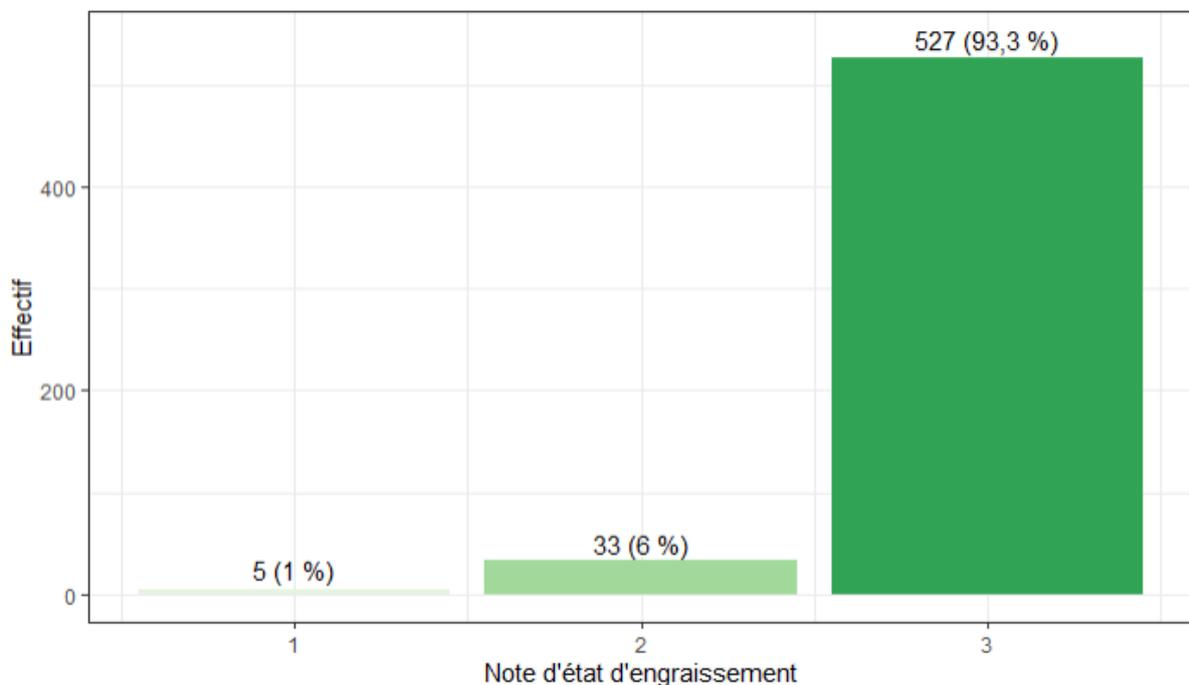


Figure 22 : Distribution des notes d'état d'engraissement

L'observation a eu lieu sur 565 carcasses. Chaque effectif est présenté avec le pourcentage associé entre parenthèses. Aucune carcasse n'a été notée 4 ou 5.

b. La distribution des notes EUROP de conformation musculaire

La note E (« supérieure ») n'a jamais été attribuée pour les carcasses retenues dans l'étude. La majorité des carcasses a été notée O (« assez bonne »), les notes R (« bonne ») et P (« passable ») ont été attribuées de façon équivalente. Les carcasses notées U (« très bonne ») étaient rares (figure 23). Le résumé statistique des notes de conformation musculaire est présenté en annexe 7.

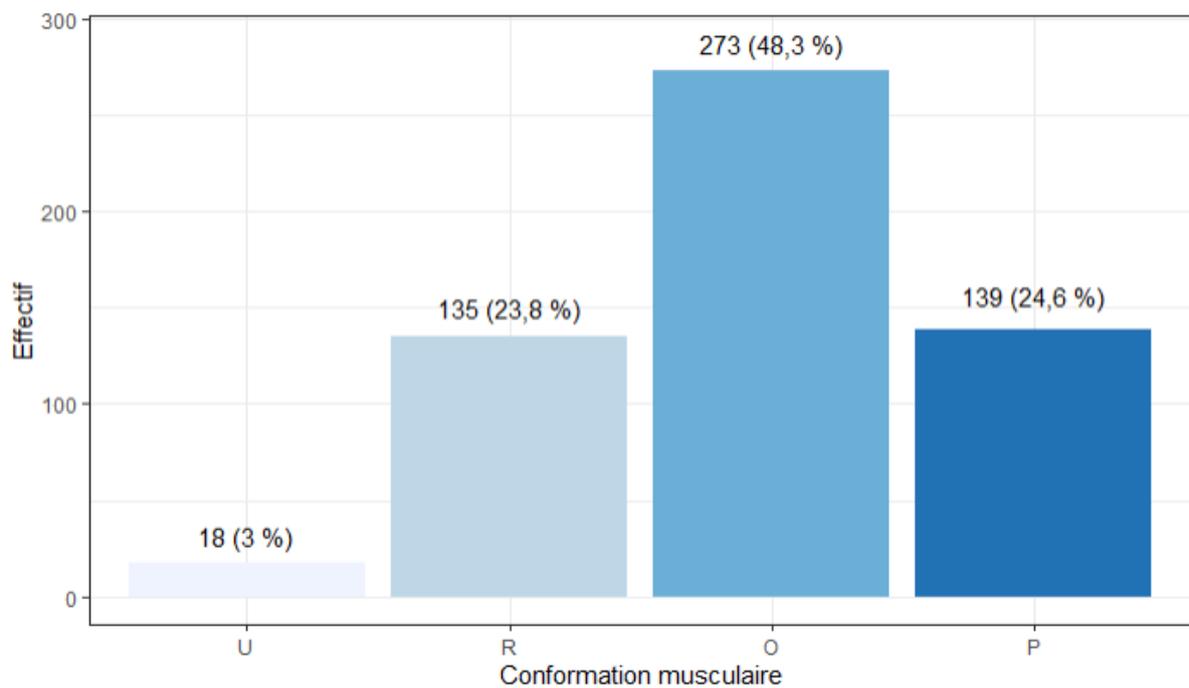


Figure 23 : Distribution des notes de conformation musculaire

L'observation a eu lieu sur 565 carcasses. Chaque effectif est présenté avec le pourcentage associé entre parenthèses. Aucune carcasse n'a été notée E.

c. La distribution des notes de couleur chez les veaux blancs

La couleur de carcasse 2 (« rosé clair ») est la plus représentée chez les veaux blancs. Les notes de couleur de 0 (« blanc ») et 4 (« rouge ») n'ont pas été attribuées (figure 24). Le résumé statistique des notes de couleur de carcasse est présenté en annexe 8.

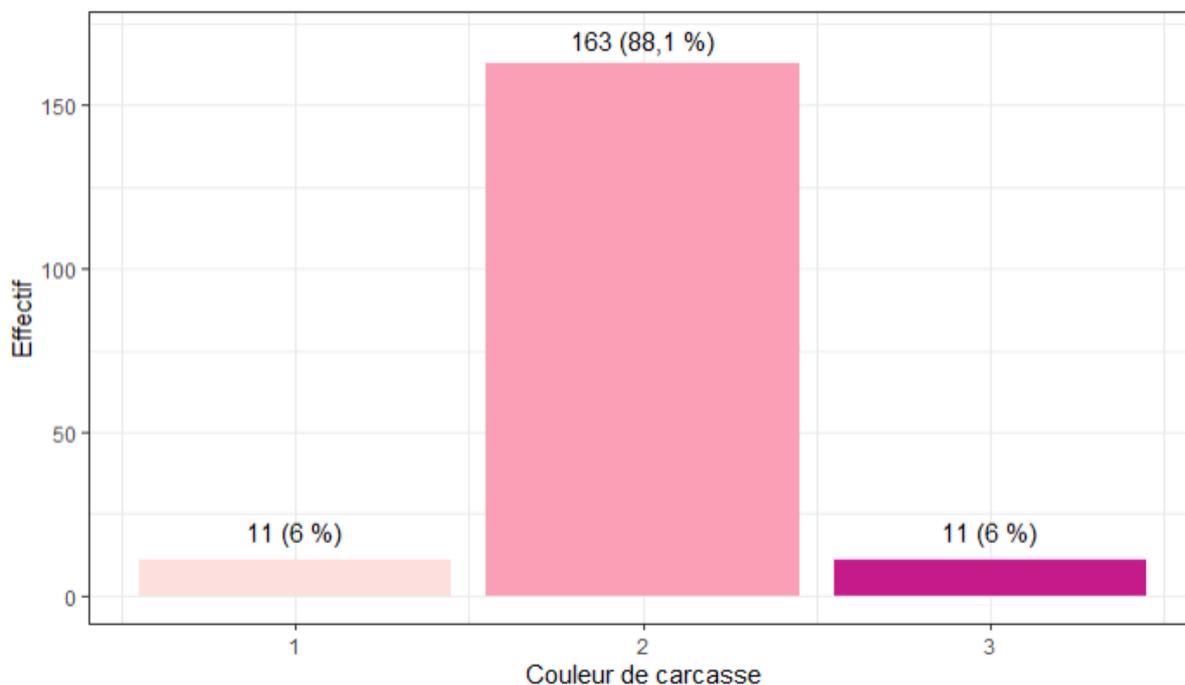


Figure 24 : Distribution des notes de couleur de carcasse chez les veaux blancs

L'observation a eu lieu sur 185 carcasses. Chaque effectif est présenté avec le pourcentage associé entre parenthèses. Aucune carcasse n'a été notée 0 ou 4.

5. La distribution des veaux selon leur score pulmonaire

a. La description des scores pulmonaires

La médiane du score pulmonaire sur l'ensemble observé était de 1, avec un espace interquartile de deux. Le minimum était de 0, et le maximum de 22 (tableau XII).

Tableau XII : Résumé statistique du score pulmonaire, sur 565 poumons

Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3 ^{ème} quartile	Maximum	Effectif
0	0	1	1,86	2	22	565

Quarante-sept pour cent des poumons (266 sur 565), ont un score de zéro. Plus le score pulmonaire augmentait, plus l'effectif de poumons diminuait. La majorité des poumons (75 %) appartenait à la classe pulmonaire 0, qui comportait des poumons sains ou avec une lésion de très petite taille. Les pourcentages représentés par les différentes classes étaient de 16 %, 4 % et 4 % pour les classes 1, 2 et 3 respectivement (figure 25).

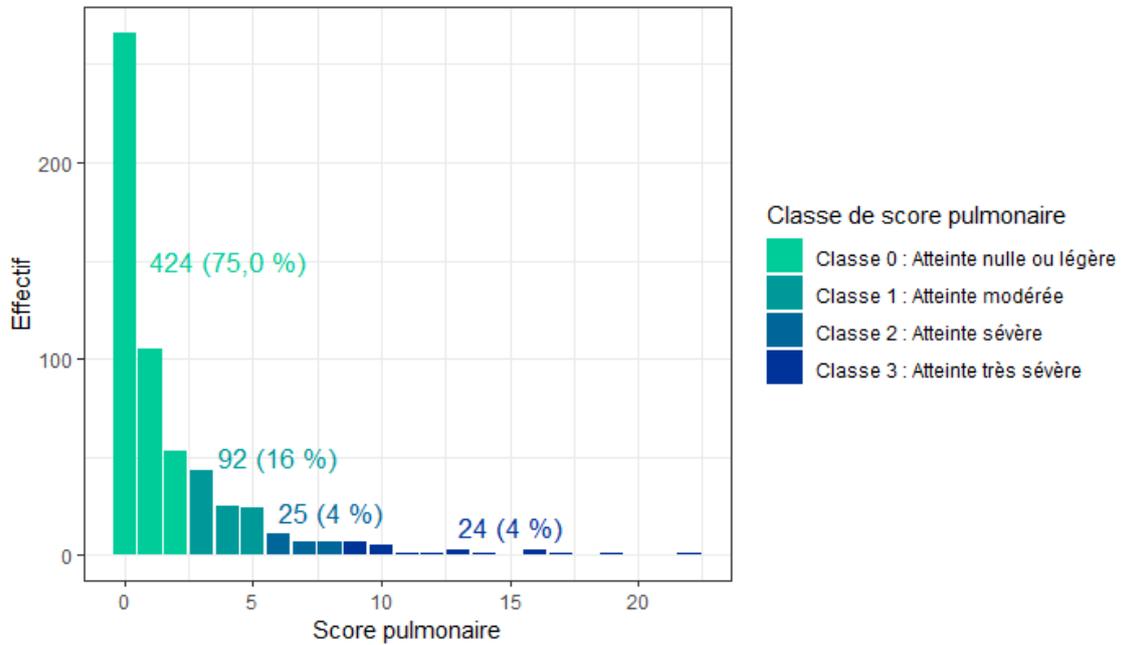


Figure 25 : Distribution du score pulmonaire, avec les classes de score pulmonaire associées. L'observation a eu lieu sur 565 poumons. Chaque classe pulmonaire est présentée avec son effectif et le pourcentage associé entre parenthèses.

6. La comparaison des distributions entre la classe pulmonaire et les données technico-économiques individuelles de la carcasse

a. Les liens entre la classe pulmonaire et l'état d'engraissement

La médiane de score pulmonaire pour les carcasses maigres notées 1 était de 5, soit une atteinte pulmonaire légère. La médiane de score pulmonaire des carcasses notées 2 et 3 en engraissement était de 2 et 1 respectivement, soit une atteinte pulmonaire presque nulle. L'espace interquartile était de 14, sept et deux pour les carcasses notées 1, 2 et 3 respectivement (tableau XIII).

Tableau XIII : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction de l'état d'engraissement

Note d'état d'engraissement	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3 ^{ème} quartile	Maximum	Effectifs
1	0	0	5	8,2	14	22	5
2	0	0	2	4,4	7	19	33
3	0	0	1	1,6	2	16	527

La distribution des scores pulmonaires semblait plus étendue pour la note de 1, avec un score pulmonaire maximal de 22 (figure 26). La distribution des scores pulmonaires

attribués aux poumons des carcasses de note d'engraissement de 2 semblait moins étendue, avec un score pulmonaire maximal de 19. Les scores pulmonaires attribués pour la note d'engraissement de 3 présentaient une distribution encore plus ramassée, avec un score pulmonaire maximal de 16. Les poumons notés 0 dont la carcasse est notée 3 sont majoritaires, et représentaient 45 % de la totalité des poumons observés. Toutes les classes pulmonaires sont représentées chez les trois notes d'état d'engraissement (figure 26).

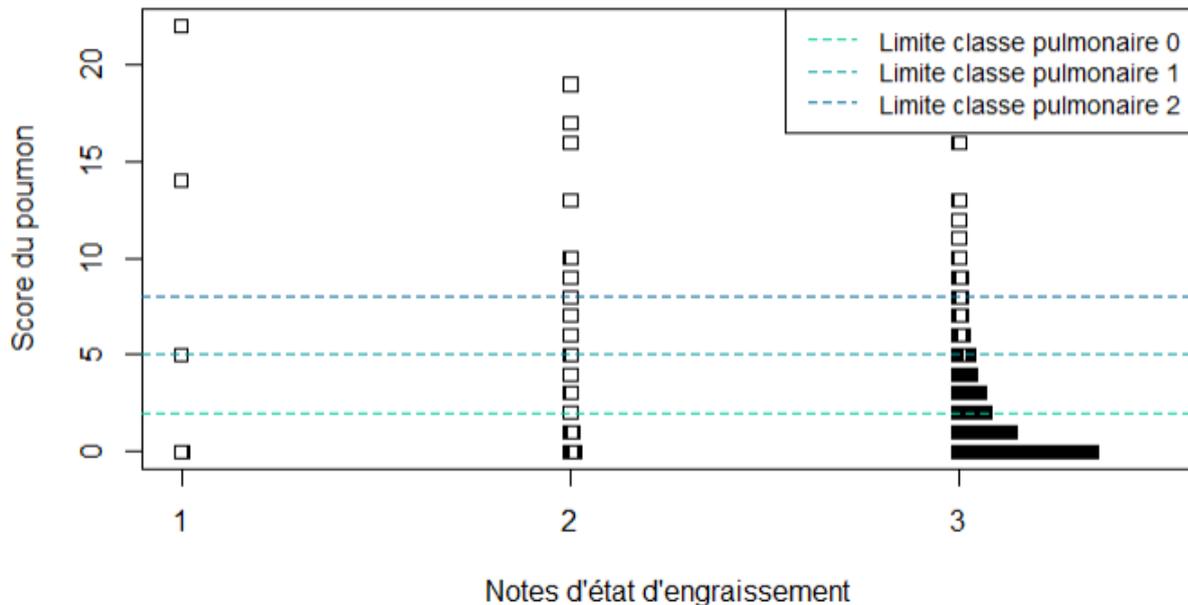


Figure 26 : Graphique représentant la note d'état d'engraissement de la carcasse en fonction de la classe de score pulmonaire

L'observation a eu lieu sur 565 poumons. Les lignes horizontales pointillées représentent les limites des classes pulmonaires.

Le test du khi-deux a permis de montrer que les notes d'état d'engraissement étaient significativement différentes entre les trois classes pulmonaires ($5 \times 10^{-4} < p\text{-value} < 1 \times 10^{-3}$) sur cinq répétitions du calcul de la p-value par simulation de Monte-Carlo, confirmant la corrélation graphiquement suspectée.

b. Les liens entre la classe pulmonaire et la conformation musculaire EUROP

L'espace interquartile était de 1 pour les classes U et R, et de 2 et 4 respectivement pour les classes O et P. Le score pulmonaire maximum des carcasses notées U était de 2 alors que le score pulmonaire maximum des carcasses notées P est de 22. Les carcasses notées O et de score pulmonaire 0 sont majoritaires et représentent 21,9 % de l'effectif (tableau XIV).

Tableau XIV : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction de la conformation musculaire

Note de conformation musculaire	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3 ^{ème} quartile	Maximum	Effectifs
U	0	0	0	0,6	1	2	18
R	0	0	0	1,3	1	13	135
O	0	0	1	1,6	2	16	273
P	0	0	1	3	4	22	139

La distribution des notes de score pulmonaire observée était plus étendue pour les veaux dont la carcasse a été notée P (classement faible) que pour les autres notes de conformation (figure 27). Les poumons dont les carcasses étaient notées U appartiennent tous à la classe pulmonaire 0, alors que toutes les classes étaient représentées dans les autres catégories.

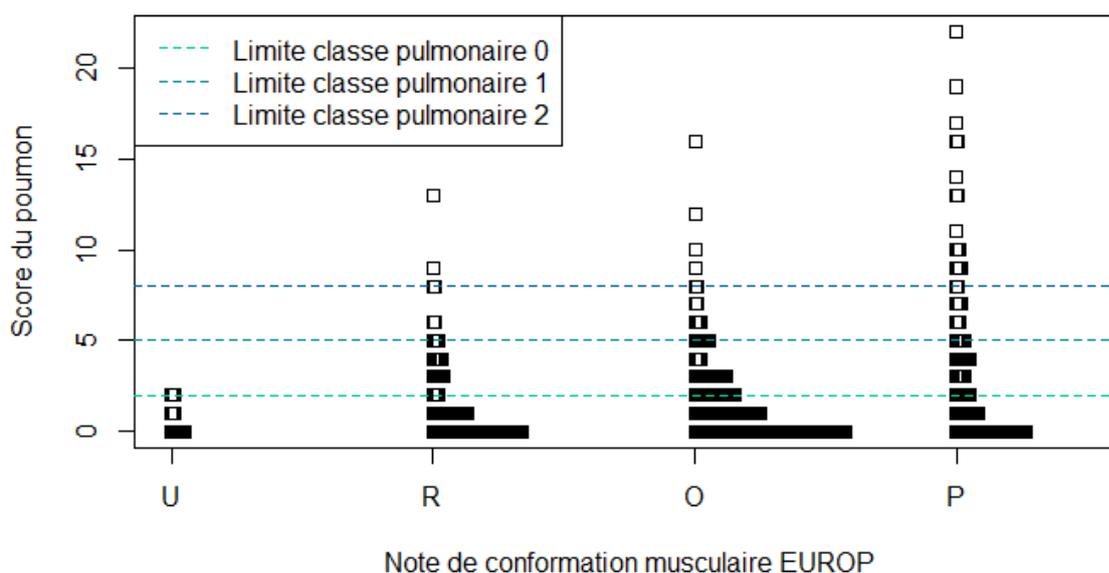


Figure 27 : Graphique représentant la note de conformation musculaire EUROP en fonction de la classe pulmonaire

L'observation a eu lieu sur 565 poumons. Les lignes horizontales pointillées représentent les limites des classes pulmonaires.

La réalisation d'un test du khi-deux a permis de dire que les notes de conformation musculaire étaient significativement différentes entre les trois classes pulmonaires ($2 \times 10^{-4} < p\text{-value} < 2 \times 10^{-3}$) sur cinq répétitions du calcul de la p-value par simulation de Monte-Carlo, confirmant la corrélation suspectée graphiquement.

c. *Les liens entre la classe pulmonaire et la couleur de carcasse chez les veaux blancs*

La distribution des scores pulmonaires de la note de 2 était la plus étendue, avec un maximum de 22, contre un maximum de 11 pour les carcasses notées 1 et 3. La médiane était de 1 pour les carcasses notées 2 et 3, et de 2 pour les carcasses notées 1 (tableau XV).

Tableau XV : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction de la couleur de carcasse chez les veaux blancs

Note couleur de carcasse	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3 ^{ème} quartile	Maximum	Effectifs
1	0	0	2	2,2	4	6	11
2	0	0	1	1,6	2	22	163
3	0	1	1	2,4	3	9	11

La distribution des scores pulmonaires de la note de 2 était la plus étendue (figure 28). Les carcasses notées 1 présentaient des scores pulmonaires qui ne dépassaient pas la classe pulmonaire 2, au contraire des carcasses notées 2 et 3, qui incluaient des notes de score atteignant la classe pulmonaire 3, qui correspond à une atteinte très sévère.

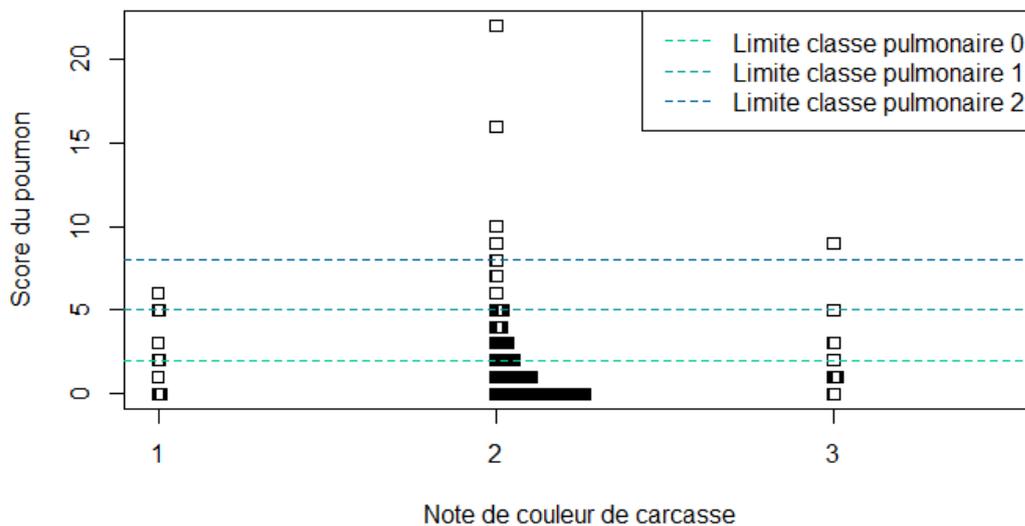


Figure 28 : Graphique représentant la classe pulmonaire en fonction de la couleur de la carcasse chez les veaux blancs

L'observation a eu lieu sur 185 poumons. Les lignes horizontales pointillées représentent les limites des classes pulmonaires.

La réalisation d'un test du khi-deux n'a pas permis de dire que la couleur de carcasse était significativement différente entre les trois classes pulmonaires ($0,34 < p\text{-value} < 0,36$), sur cinq répétitions du calcul de la p-value par simulation de Monte-Carlo.

7. Les liens entre la classe de score pulmonaire et la consommation individuelle d'antibiotiques sur l'élevage G

Les informations concernant la consommation d'antibiotiques ont été fournies pour un seul élevage, l'élevage G. Le choix a été fait de ne pas réaliser d'analyses statistiques, étant donné le faible effectif et la provenance d'un unique lot. Soixante-six poumons de veaux provenant de cet élevage ont pu être observés, dont 38 ayant reçu un ou des traitements antibiotiques. L'ensemble des veaux provenant du lot n'ont pas pu être observés, une partie ayant été abattue un autre jour.

a. Les liens entre les classes pulmonaires et le nombre de traitements antibiotiques individuels différents reçus

Quarante-huit veaux n'ont pas reçu de traitement antibiotique à visée respiratoire supplémentaire au traitement de démarrage, 14 en ont reçu un, trois en ont reçu deux. Un seul veau a reçu trois traitements antibiotiques supplémentaires (maximum), son score pulmonaire était de 0. Les effectifs étaient très faibles, avec seulement 18 veaux ayant reçu un ou plusieurs traitements antibiotiques. Le score pulmonaire du lot de veaux de cet élevage observés à l'abattoir ne dépassait pas 8. Pour les veaux qui n'ont reçu aucun antibiotique supplémentaire au traitement de démarrage, le score pulmonaire majoritaire était le score de 0 (47 %), avec un score maximal de 4. Pour les veaux qui ont reçu un antibiotique supplémentaire, la distribution était plus étendue, allant de 0 à 8 (tableau XVI).

Tableau XVI : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction du nombre de traitements antibiotiques à visée respiratoire différents reçus par veaux, pour l'élevage G

Nombre de traitements AB ^a différents	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3 ^{ème} quartile	Maximum	Effectifs
0	0	0	0	0,6	1	4	48
1	0	0	0	1,6	2,8	8	14
2	0	0	0	1,7	2,5	5	3
3	0	0	0	0	0	0	1

^aAB = antibiotique

La distribution du score pulmonaire était plus étendue pour les veaux ayant reçu un seul antibiotique, allant de 1 à 8, et atteignant la classe pulmonaire 2, qui correspond une atteinte sévère (figure 29). Les veaux n'ayant pas été traités et ceux ayant reçu deux traitements antibiotiques différents étaient inclus dans la classe pulmonaire de 0 ou 1, qui correspondait à une atteinte faible à modérée. Le veau ayant reçu trois traitements antibiotiques présentait un poumon sans lésion.

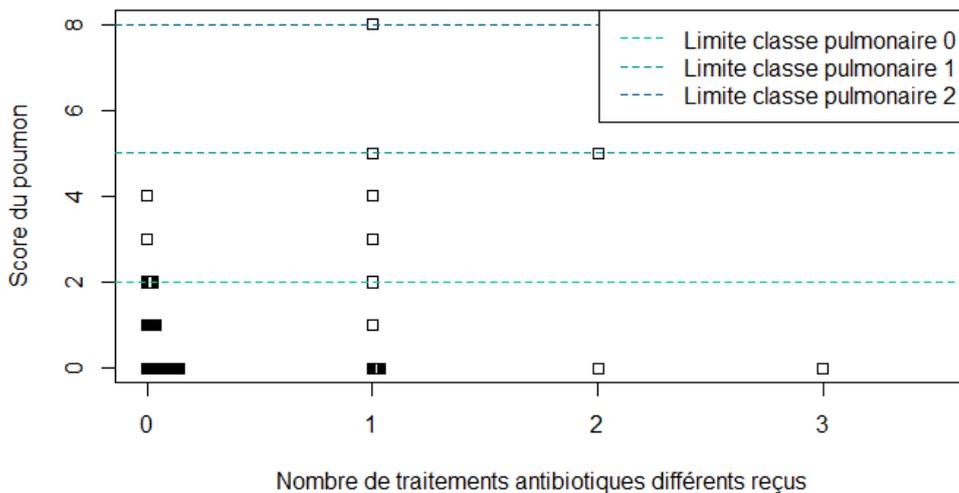


Figure 29 : Graphique représentant le nombre de traitements antibiotiques à visée respiratoire différents reçu par veau, en fonction du score pulmonaire

L'observation a eu lieu sur l'élevage G, sur 66 veaux, sans compter le traitement antibiotique collectif de démarrage. Les lignes horizontales pointillées représentent les limites des classes pulmonaires.

b. Les liens entre les classes pulmonaires et le nombre de jours de traitement

Pour plus de lisibilité, les nombres de jours étaient regroupés en classes de cinq jours. Parmi les veaux ayant reçu des traitements sur une durée plus longue que le traitement de cinq jours au démarrage, le score pulmonaire le plus représenté était de 0 (63 %). Les effectifs pour les veaux ayant reçu des traitements supplémentaires étaient faibles, de deux à dix veaux. Quinze pour cent des veaux de cet échantillon ont reçu un antibiotique à visée respiratoire pour une durée de six à dix jours. Neuf pour cent des veaux ont reçu un traitement antibiotique à visée respiratoire pour une durée de 11 à 15 jours. Deux pour cent des veaux ont reçu un traitement antibiotique à visée respiratoire pour une durée de 21 à 25 jours (tableau XVII).

Tableau XVII : Résumé statistique du score pulmonaire en fonction du nombre de jours de traitement antibiotiques à visée respiratoire reçus par veaux, pour l'élevage G

Nombre de jour de traitement AB ^a	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3 ^{ème} quartile	Maximum	Effectifs
5	0	0	0	0,6	1	4	48
[6-10]	0	0	0,5	1,8	2,8	8	10
[11-15]	0	0	0	1,7	3,8	5	6
[16-20]	-	-	-	-	-	-	-
[21-25]	0	0	0	0	0	0	2

^aAB = antibiotique. Aucun traitement d'une durée de 16 à 20 jours n'a été prescrit.

Les poumons des veaux n'ayant reçu que le traitement antibiotique collectif de démarrage ne dépassaient pas la classe pulmonaire 1, comme les veaux ayant été traités entre 11 et 15 jours (figure 30). Parmi les veaux ayant été traités entre six et dix jours, la classe pulmonaire 2 était atteinte. Seulement deux veaux ont reçu plus de 21 jours de traitement antibiotique à visée respiratoire. Un score pulmonaire maximal de huit était celui d'un veau ayant reçu entre six et dix jours de traitement.

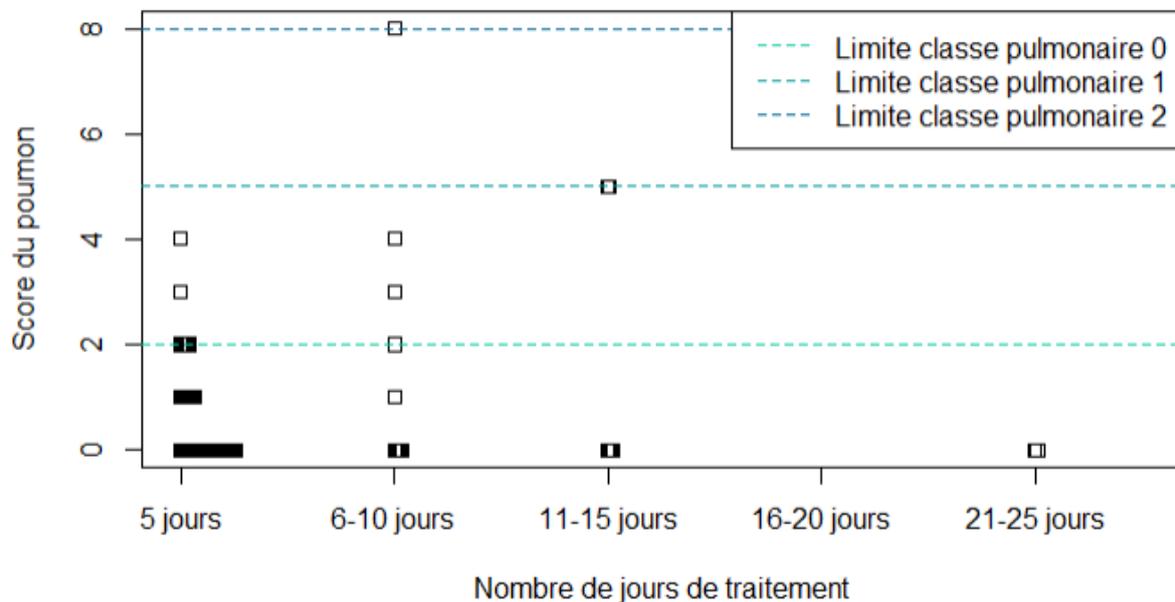


Figure 30 : Graphique représentant le nombre de jours de traitement antibiotique à visée respiratoire par classe de durée de traitement, en fonction du score pulmonaire

L'observation a eu lieu sur l'élevage G, sur 66 veaux. Les lignes horizontales pointillées représentent les limites des classes pulmonaires.

III. Discussion

1. L'établissement de la grille et son utilisation

Le premier test de grilles à l'abattoir nous a permis de déterminer que la notation lobe par lobe était facilement réalisable, car la cadence et notre situation sur la chaîne d'abattage nous laissaient le temps d'observer et de palper tous les lobes. La notation de 0 à 3 par tiers de lobe affecté apparaît réellement simple. L'ajout de la case « RAS » permettait de gagner en rapidité lors de la notation. Seule la notation du lobe cardiaque droit était difficile à évaluer étant donné sa forme bilobée. C'est pourquoi il a été choisi de le séparer en deux « sous-lobes » dans la grille finale. La grille finale a permis de noter rapidement les poumons, de façon exhaustive car prenant en compte tous les lobes.

La notation des abcès et de la pleurésie a été sujette à discussion. En effet, un poumon comportant des abcès nous semblait plus atteint car susceptible d'avoir entraîné des traitements sur le veau, donc aurait dû justifier d'un score pulmonaire très élevé. Le choix final a été fait de ne pas noter les abcès, car l'ajout d'un point à un poumon dont le score pulmonaire est déjà très élevé n'apporte pas réellement d'information supplémentaire. Ce choix a aussi été fait par Leruste *et al.* (2012), qui attribuaient simplement la note la plus sévère en présence d'abcès (Leruste *et al.* 2012). Dans nos observations, nous n'avons pas vu beaucoup de poumons avec des abcès. Ceux-ci avaient alors souvent plusieurs lobes atteints, donc déjà une note élevée. La notation par quartier qui avait été testée dans les premières grilles pulmonaires et se rapprochant de celle de Schneider *et al.* (2009) laissait trop de place à l'interprétation.

La grille est reproductible et peut être utilisée par deux utilisateurs différents. Elle est facile à utiliser en pratique. En effet, le coefficient de corrélation des rangs de Spearman très proche de 1 ($\rho=0,96$) et le graphique de Bland et Altman montre une très bonne concordance ($m=0,17$). La dispersion est satisfaisante (avec une différence de 3,38), ce qui correspond globalement à une classe de score pulmonaire. Les poumons qui ont les scores pulmonaires les plus faibles sont notés de la même façon globalement par deux opérateurs différents. Pour les poumons dont le score est plus élevé, il reste des disparités. Le point de discordance majeur (12 ; 22) pourrait s'expliquer par le fait que le poumon n'ait pas été regardé entièrement par une des opératrices. En effet, face à un poumon très atteint, la notation du poumon prend plus de temps et il faut aussi être bien placé pour manipuler tous les lobes, ce qui n'était pas évident en étant à deux sur la même plateforme à l'abattoir. Par ailleurs, l'existence d'une seule valeur extrême est plus en faveur d'une erreur ponctuelle plutôt qu'un désaccord de notation.

À la réalisation, il nous semble cependant qu'il peut exister un biais de mesure. En effet, quand une majorité des poumons d'un lot sont atteints, on voit beaucoup de lésions. Un poumon ayant des lésions plus minimales pourra être noté beaucoup moins sévèrement que s'il était dans un lot dont les poumons sont peu atteints, et vice-versa.

2. L'apport de l'utilisation de la grille au niveau du lot

Les effectifs observés par élevages étaient très divers, variant de trois veaux observés (élevage F), à 104 veaux (élevage A). D'une façon générale, la visite à l'abattoir ne s'est pas déroulée sur la plage complète d'abattage d'un lot. En effet, l'arrivée des lots à l'abattoir dépendait aussi du transporteur, ce qui empêchait l'abattoir de transmettre l'heure précise de passage d'un lot, décidée le jour même. De plus, les visites pour observer les poumons sur la chaîne d'abattage avaient lieu sur une plage horaire plus restreinte que les horaires d'abattages. Au moment de l'observation à l'abattoir, les poumons visualisés l'étaient sans sélection préalable possible, sans pouvoir identifier sur la chaîne leur élevage d'origine. Cette difficulté à pouvoir observer un lot précis de veaux à l'abattoir explique le fait qu'un seul élevage ait pu être étudié concernant la consommation d'antibiotiques.

Les données technico-économiques des lots étaient significativement différentes entre les élevages. Il faut toutefois prendre en compte la présence de lots ayant de très faibles effectifs dans notre étude. Concernant la notation pulmonaire, nous avons pu observer qu'un élevage (K) présentait une médiane de score pulmonaire élevée de 3,5, avec un espace interquartile de cinq, significativement différents des autres élevages. Cette différence pourrait signifier qu'un épisode respiratoire majeur ou tardif (entre 13 et deux semaines avant l'abattage), a eu lieu dans cet élevage selon Leruste *et al.* (2012). Nous ne pouvons pas le confirmer car nous n'avons pas les informations sanitaires de cet élevage. La comparaison des lots en termes de score pulmonaire, de conformation musculaire, d'état d'engraissement et de couleur de carcasse permet de montrer qu'un lot avec un mauvais score pulmonaire ne présente pas forcément une conformation de carcasse, une couverture grasseuse ou une couleur (pour les veaux blancs) plus mauvaise que les autres lots. La notation des poumons d'un lot avec la grille apporte donc une information complémentaire à celles fournies par les données technico-économiques des carcasses, à l'échelle du lot. L'utilisation de la grille pourrait permettre de comparer plusieurs élevages, ou lots, entre eux, dans le cadre de l'instauration d'une vaccination par exemple.

3. L'apport de l'utilisation de la grille au niveau individuel

Des classes pulmonaires ont été définies pour étudier les corrélations entre la grille et les données technico-économiques et sanitaires des carcasses, au niveau individuel. Cela a permis d'obtenir des effectifs de plus grande taille pour réaliser des analyses statistiques plus satisfaisantes. Ce regroupement a été permis par une notion biologique constatée chez les bovins, qui est que lors de troubles pulmonaires, avec contamination par les voies aériennes, la progression des lésions se fait en « V inversé » avec les lobes crâniens atteints en priorité, et l'atteinte des lobes diaphragmatiques n'apparaissant que sur les cas les plus graves (Tassin, Rozier 1992a). La classe 3 correspond aux scores pulmonaires de 9 à 24, des notes qui ne peuvent être atteintes que si plus de trois lobes sont lésés en totalité, ce qui est rare. Cela correspond donc à une atteinte de quatre ou cinq lobes de façon partielle, ce qui inclut une atteinte des lobes diaphragmatiques. Ainsi, le score pulmonaire médian des poumons atteints sur un ou les deux lobes diaphragmatiques est de 8,5. La classe 3 correspond donc bien, en pratique, aux poumons atteints au niveau des lobes diaphragmatiques, qui sont généralement les plus sévèrement atteints.

Différents auteurs ont réalisé des classes pulmonaires, dont Leruste *et al.* (2012) et Schneider *et al.* (2009). Leurs notations ont été faites de façon globale sur le poumon, et pas lobe par lobe, au contraire de ce qui a été fait dans cette étude. Leruste *et al.* (2012) a établi une notation des poumons pour évaluer la relation entre les signes cliniques et les lésions pulmonaires à l'abattoir chez les veaux de boucherie. Cette notation, réalisée au niveau global du poumon, est par conséquent moins précise que la nôtre. Cependant, elle discrimine mieux les poumons faiblement atteints, ainsi un poumon de classe 0 ou 1 ou 2 pour Leruste *et al.* correspondrait probablement à un poumon de classe 0 dans notre étude. Les veaux dont les poumons étaient notés 0 ou 1 chez Leruste *et al.* (2012) n'avaient pas présenté de signes cliniques respiratoires à 13 semaines d'élevage, ni deux semaines avant abattage. Les veaux avec des signes cliniques étaient classés dans les classes 2 ou 3 (atteintes modérées à sévères) qui correspondraient plus spécifiquement à nos classes 1 et 2 ou 2 et 3, la notion de lésion moyenne à modérée décrite chez Leruste *et al.* (2012) étant délicate à interpréter. Les poumons de classe 0 de notre étude, que nous considérons comme très faiblement atteints, pourraient donc appartenir à des animaux sans signes cliniques dans la seconde moitié d'élevage. Nous pourrions nous poser la question d'utiliser la grille de Leruste *et al.* (2012), plus précise pour les nombreux poumons de classe 0. Toutefois, notre grille permet de noter plus finement les poumons aux scores pulmonaires les plus élevés.

Vis-à-vis de la grille mise en place par Schneider *et al.* (2009), il nous paraît plus simple d'estimer la taille d'une lésion par rapport à un lobe plutôt qu'à la surface totale du poumon, ce qui nous a conduit à élaborer la quatrième grille. La classe 0 de notre étude, incluant les

poumons sains ou avec une lésion de petite taille, correspondrait probablement aux classes 0 et 1 de l'étude de Schneider *et al.* (2009). La classe 1 de notre étude correspondrait probablement à la classe 2. Il est ensuite plus difficile d'établir des correspondances entre les classes.

Au niveau individuel, peu de carcasses étaient notées U (« très bonne conformation ») et 1 (« maigre »), respectivement en conformation et engraissement. Les effectifs entre chaque catégorie étaient très variables, avec une majorité des poumons en classe 0. La réalisation de classes pulmonaires et l'utilisation des simulations de Monte Carlo a permis de pallier à ces faibles effectifs dans les classes. Ainsi, la distribution des classes pulmonaires diffère significativement entre les notes de conformation musculaire et d'état d'engraissement, contrairement aux résultats de Schneider *et al.* (2009) et Pardon *et al.* (2013), qui n'avaient pas mis en évidence de liens directs sur les traits de carcasse. Ces deux auteurs avaient, par contre, mis en évidence une relation avec le gain moyen quotidien, une donnée à laquelle nous n'avons pas eu accès. Cependant, la différence observée ici est plutôt liée à la distribution des notes élevées qu'à la distribution des scores pulmonaires 0, présents dans toutes les catégories de classement de carcasse, bonnes ou mauvaises. Autrement dit, un poumon appartenant à la classe pulmonaire 2 ou 3 est plus susceptible d'être lié à une carcasse dont la conformation musculaire est de qualité bonne à médiocre. Par contre, la qualité de la carcasse ne permet pas de déduire le score pulmonaire correspondant, ce qui est normal car plusieurs causes peuvent conduire à une carcasse déclassée. Comme ces données technico-économiques et le score pulmonaire ne peuvent se remplacer l'un l'autre, pour les raisons énoncées, le score pulmonaire pourrait présenter un intérêt lors de l'étude spécifique des troubles respiratoires au-delà des seules données technico-économiques même si elles sont primordiales pour l'éleveur et sa filière.

Dans l'étude de Pardon *et al.* (2013), les veaux soumis à plusieurs épisodes de maladie respiratoires étaient cependant plus susceptibles de présenter une carcasse de mauvaise qualité, et de couleur plus foncée. Nous avons la même tendance, graphiquement, avec les poumons de score pulmonaire élevés plus susceptibles d'appartenir à une catégorie de carcasse de moindre qualité. Toutefois, dans notre étude, la couleur de carcasse et la classe pulmonaire ne sont pas corrélés, la couleur 2 (« rosé clair ») est la plus représentée et les effectifs dans les autres couleurs étaient peut-être trop faibles. De nombreux facteurs comme la nutrition des veaux peut influencer la couleur de carcasse et nous n'avons pas les veaux d'une même intégration, ce qui peut expliquer ce manque d'uniformité. Le sexe et la race des veaux, qui influent sur les qualités des carcasses (Veissier, Bertrand, Toullec 2003; Briand, Coupin, Mathieu 2022), ne sont pas connus.

La discussion concernant la corrélation entre le score pulmonaire et la consommation individuelle d'antibiotiques est limitée au vu du faible effectif observé. Certains veaux

appartiennent à une classe pulmonaire de 0 alors qu'ils ont reçu deux ou trois traitements individuels antibiotiques différents, ou entre 21 et 25 jours de traitement antibiotique. Cela pourrait signifier que ces animaux ont guéri de leur problème respiratoire, ou que le traitement a empêché l'apparition de lésions pulmonaires, ou enfin qu'ils n'ont pas été traités à raison. Cette hypothèse est discutée dans l'étude de Schneider *et al.* (2009) où ils ont conclu au fait que le traitement avait évité les dommages pulmonaires liés aux infections (Schneider *et al.* 2009). Il nous faudrait cependant plus de données et plusieurs élevages pour pouvoir analyser et discuter de façon plus fine cet indicateur. Il semble également important de prendre en compte les signes cliniques ou les traitements de l'animal pour évaluer l'impact des maladies respiratoires et pas uniquement le score pulmonaire établi post-mortem qui pourrait ne pas être un indicateur suffisant (Schneider *et al.*, 2009 ; Leruste *et al.*, 2012). Les signes cliniques sont très fréquemment utilisés dans le cadre d'essais vaccinaux chez les veaux de boucherie (cf I.I.8.b.), et sont l'indicateur principal d'un épisode respiratoire dans un troupeau. Effectivement, on peut considérer que les lésions visibles à l'abattoir sont une image figée le jour de l'abattage. Certains animaux cliniquement guéris peuvent présenter des lésions à l'abattoir (Thomas *et al.* 1984), et des signes respiratoires légers peuvent être associés à des lésions pulmonaires importantes (Brscic *et al.* 2012). La détection des signes cliniques et la notation pulmonaire semblent donc complémentaires, dans l'évaluation des mesures de gestion respiratoire.

4. Conclusion de la discussion

La grille de notation pulmonaire créée est facile d'utilisation, et apporte des éléments de comparaison entre les élevages. Globalement, les données technico-économiques des carcasses ne permettent pas, à elles seules et au niveau individuel, de refléter la santé pulmonaire d'un animal. De la même façon, au niveau du lot, la notation des poumons à l'abattoir peut être utilisée comme un paramètre non clinique dans l'étude d'impacts des mesures de gestion des maladies respiratoires. Cette notation pulmonaire est complémentaire des données technico-économiques, qui donnent des indices de performance. Ce score pourrait être utilisé dans les mesures de prévention, comme nous le souhaitons, mais aussi pour évaluer une mesure thérapeutique. Cependant, l'analyse statistique entre le score pulmonaire et les données sanitaires n'a pas pu être réalisée par manque de données. Il serait donc intéressant d'obtenir d'autres données, pour que les poumons mal notés soient plus nombreux, pour obtenir un panel plus large des différentes notations de carcasse, ainsi que pour réaliser une analyse statistique de la consommation individuelle d'antibiotiques.

CONCLUSION

Le veau de boucherie est un animal particulièrement à risque de contracter des maladies respiratoires. Il est à la fois exposé aux pathogènes, sensible par son âge, et sensibilisé par les conditions de son élevage. Ces troubles respiratoires, quasiment inévitables, entraînent l'utilisation d'antibiotiques pour soigner les animaux, et ont un impact conséquent en termes d'économie, d'antibiorésistance et de bien-être animal.

Pour lutter contre les maladies respiratoires, l'instauration de mesures de gestion préventives, environnementales et vaccinales, est encouragée. Pour évaluer ces mesures de gestion sur le terrain, une vaccination ou un nouveau traitement, une grille d'évaluation des lésions pulmonaires a été établie et testée à l'abattoir.

La grille de notation que nous avons élaborée est reproductible et facile d'usage. Elle permet de classer et de différencier des lots. La comparaison des scores pulmonaires avec les données technico-économiques des carcasses n'a pas montré de corrélation entre lots. Individuellement, si une carcasse de qualité d'engraissement et de conformation musculaire moyenne à mauvaise est plus susceptible d'être associée à un poumon d'atteinte modérée à très sévère, des poumons sains à très faiblement atteints étaient présents en nombre dans les catégories de carcasses les plus mal notées. Les données technico-économiques des carcasses ne permettent donc pas, à elles seules, de refléter la santé pulmonaire d'un animal, et vice-versa. Notre grille de score pulmonaire apporte ainsi des informations supplémentaires au suivi sanitaire du lot, et son usage à l'abattoir fournirait une indication complémentaire dans l'évaluation des mesures de gestion des maladies respiratoires. Il faudrait encore la tester de façon plus systématique, pour établir plus finement son intérêt lors d'une comparaison de lots, en corrélation avec des données sanitaires et/ou des mesures de prévention.

BIBLIOGRAPHIE

AMES, T. R., 1997. Dairy Calf Pneumonia: The Disease and Its Impact. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Vol. 13, n° 3, pp. 379-391. DOI 10.1016/S0749-0720(15)30303-0.

ANSES, 2019. Résapath - Réseau d'épidémiologie de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes animales - Bilan 2018. p. 161.

ARCANGIOLI, M.-A. et BECKER, C., 2014. Les maladies respiratoires - Pneumonies et bronchopneumonies. In : *Manuel de médecine des bovins*. Paris : Med'com. pp. 181-228. ISBN 978-2-35403-186-2.

ARCANGIOLI, M.-A., LURIER, T., HAURAY, K. et TARDY, F., 2021. Large-size fattening calves' lots fed with automatic milk feeders may have an increased risk for *Mycoplasma bovis* infection spread and for antibiotic use. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. 2021. Vol. 15, n° 12, pp. 8. DOI 10.1016/j.animal.2021.100397.

ARCANGIOLI, M.-A., DUET, A., MEYER, G., DERNBURG, A., BÉZILLE, P., POUMARAT, F. et LE GRAND, D., 2008. The role of *Mycoplasma bovis* in bovine respiratory disease outbreaks in veal calf feedlots. *The Veterinary Journal*. Vol. 177, n° 1, pp. 89-93. DOI 10.1016/j.tvjl.2007.03.008.

BAGHEZZA, S., MAMACHE, B., BENNOUNE, O. et GHOUGAL, K., 2021. Pathological study and detection of Bovine parainfluenza 3 virus in pneumonic sheep lungs using direct immunofluorescence antibody technique. *Comparative Clinical Pathology*. Vol. 30, n° 2, pp. 301-310. DOI 10.1007/s00580-021-03211-6.

BARONE, R., 1997. *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 3. Splanchnologie I. Appareil digestif. Appareil respiratoire. 3ème édition*. Vigot. Paris. Anatomie comparée des Mammifères domestiques. p. 853. ISBN 978-2-7114-9046-2.

BERMAN, J., FRANCOZ, D., ABDALLAH, A., DUFOUR, S. et BUCZINSKI, S., 2022. Development and validation of a clinical respiratory disease scoring system for guiding treatment decisions in veal calves using a Bayesian framework. *Journal of Dairy Science*. Vol. 105, n° 12, pp. 9917-9933. DOI 10.3168/jds.2021-21695.

BLAND, J. M. et ALTMAN, D. G., 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet (London, England)*. Vol. 1, n° 8476, pp. 307-310.

BOEHRINGER INGELHEIM, 1981. *RCP - Salmopast* [en ligne]. 1981. Disponible à l'adresse : <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=SALMOPAST>

BOEHRINGER INGELHEIM, 1995. *RCP - Bovalto Pastobov* [en ligne]. 1995. Disponible à l'adresse : <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=BOVALTO+PASTOBOV>

BOEHRINGER INGELHEIM, 2015a. *RCP - Bovalto respi 4 suspension injectable pour bovins* [en ligne]. 2015. Disponible à l'adresse : <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=BOVALTO+RESPI+4+SUSPENSION+INJECTABLE+POUR+BOVINS>

BOEHRINGER INGELHEIM, 2015b. *RCP - Bovalto respi 3 suspension injectable pour bovin* [en ligne]. 2015. Disponible à l'adresse :

<https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=BOVALTO+RESPI+3+SUSPENSION+INJECTABLE+POUR+BOVINS>

BRESSOU, C., 1978. *Anatomie générale des animaux domestiques - II Les Ruminants*. J.B. Ballière. Paris. p. 436. ISBN 978-82-7008-003-8.

BRIAND, P., COUPIN et MATHIEU, G., 2022. *Repères techniques et économiques en élevage de veaux de boucherie - Campagne 2020-2021*. Paris : Institut de l'élevage. Références. p.8. ISBN 978-2-7148-0207-1.

BRSCIC, M., LERUSTE, H., HEUTINCK, L. F. M., BOKKERS, E. A. M., WOLTHUIS-FILLERUP, M., STOCKHOFF, N., GOTTARDO, F., LENSINK, B. J., COZZI, G. et VAN REENEN, C. G., 2012. Prevalence of respiratory disorders in veal calves and potential risk factors. *Journal of Dairy Science*. Vol. 95, n° 5, pp. 2753-2764. DOI 10.3168/jds.2011-4699.

BRYSON, G., ADAIR, B. M., MCNULTY, M. S., MCALISKEY, M., BRADFORD, H. E. L., ALLAN, G. M., EVANS, R. T. et FORSTER, F., 1999. Studies on the efficacy of intranasal vaccination for the prevention of experimentally induced parainfluenza type 3 virus pneumonia in calves. *Veterinary Record*. Vol. 145, n° 2, pp. 33-39. DOI 10.1136/vr.145.2.33.

CARLYLE JONES, T., DUNCAN HUNT, R. et KING, N. W., 1997. The respiratory system. In : *Veterinary pathology - Sixth edition*. Williams&Wilkins. pp. 954-967. ISBN 0-683-04481-8.

CAZEAU, G., COLLINEAU, L., HAENNI, M., JARRIGE, N., JOUY, E., LUPO, A. et MADEC, J., 2022. Résapath-Réseau d'épidémiosurveillance de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes animales, bilan 2021. p. 46.

CHEREL, Y., COUILLANDEAU, P., LARCHER, T., LECOMTE, O. et SPINDLER, C., 2017. Stratégie d'analyse des lésions de l'appareil respiratoire. In : *Autopsie des bovins*. Puteau : Les Editions du point vétérinaire. pp. 72-76. Atlas. ISBN 978-2-86326-371-6.

COUART, A., CESBRON, N. et ASSIÉ, S., 2014. La diarrhée virale bovine BVD. In : *Manuel de médecine des bovins*. Med'Com. Paris. pp. 66-77. ISBN 978-2-35403-186-2.

COZENS, D., SUTHERLAND, E., LAUDER, M., TAYLOR, G., BERRY, C. et DAVIES, R. L., 2019. Pathogenic *Mannheimia haemolytica* Invades Differentiated Bovine Airway Epithelial Cells. *Infection and Immunity*. Vol. 87, n° 6, pp. 2-20. DOI 10.1128/IAI.00078-19.

DAWSON, A., THEVASAGAYAM, S. J., SHERINGTON, J., HARVEY, R. E. et PETERS, A. R., 2002. Studies of the field efficacy and safety of a single-dose *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccine for pigs. *Veterinary Record*. Vol. 151, n° 18, pp. 535-538. DOI 10.1136/vr.151.18.535.

DESCHAMPS, H., 2016. Loire - élevage. Du « veau de grain » régional bientôt dans les cantines scolaires ? *Le Progrès* [en ligne]. Loire, 2016. [Consulté le 1 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.leprogres.fr/economie/2016/11/09/du-veau-de-grain-regional-bientot-dans-les-cantines-scolaires>

DI PROVVIDO, A., DI TEODORO, G., MUUKA, G., MARRUCHELLA, G. et SCACCHIA, M., 2018. Lung lesion score system in cattle: proposal for contagious bovine pleuropneumonia. *Tropical Animal Health & Production*. Vol. 50, n° 1, pp. 223-228. DOI 10.1007/s11250-017-1409-2.

EFSA PANEL ON ANIMAL HEALTH AND ANIMAL WELFARE (AHAW), NIELSEN, S. S., ALVAREZ, J., BICOUT, D., CALISTRI, P., CANALI, E., DREWE, J. A., ADAIR, B., GONZALES ROJAS, J. L., GORTAZAR SCHMIDT, C.,

HERSKIN, M., MICHEL, V., MIRANDA CHUECA, M. A., PADALINO, B., PASQUALI, P., ROBERTS, H. C., SPOOLDER, H., STAHL, K., VELARDE, A., VILTROP, A., JENSEN, M. B., WAIBLINGER, S., CANDIANI, D., LIMA, E., MOSBACH-SCHULZ, O., VAN DER STEDE, Y., VITALI, M. et WINCKLER, C., 2023. Welfare of calves. *EFSA Journal*. Vol. 21, n° 3, p. 197. DOI 10.2903/j.efsa.2023.7896.

ELLIS, J. A., GOW, S. P. et GOJI, N., 2010. Response to experimentally induced infection with bovine respiratory syncytial virus following intranasal vaccination of seropositive and seronegative calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Vol. 236, n° 9, pp. 991-999. DOI 10.2460/javma.236.9.991.

ELLIS, J. A., GOW, S. P., MAHAN, S. et LEYH, R., 2013. Duration of immunity to experimental infection with bovine respiratory syncytial virus following intranasal vaccination of young passively immune calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Vol. 243, n° 11, pp. 1602-1608. DOI 10.2460/javma.243.11.1602.

ELLIS, J., GOW, S., WEST, K., WALDNER, C., RHODES, C., MUTWIRI, G. et ROSENBERG, H., 2007. Response of calves to challenge exposure with virulent bovine respiratory syncytial virus following intranasal administration of vaccines formulated for parenteral administration. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Vol. 230, n° 2, pp. 233-243. DOI 10.2460/javma.230.2.233.

EV RAT GEORGEL, C., 2010. Elaboration du nouveau nuancier interprofessionnel pour classer la couleur de la viande de veau. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*. N° 17, pp. 365-368.

FRANCEAGRIMER, 2010. *Pesée/Classement/Marquage, Guide technique et réglementaire* [en ligne]. 2010. Les guides FranceAgriMer. [Consulté le 27 février 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.franceagrimer.fr/content/download/3134/document/Guide_du_classificateur_VD.pdf

FRANCEAGRIMER, 2022. *Veau de boucherie Fiche filière* [en ligne]. 2022. FranceAgriMer. [Consulté le 27 février 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/68232/document/FICHE%20FILIERE%20VEAU%202022.pdf?version=5>

FRANKENA, K., KLAASSEN, C.H.L., BOSCH, J.C., VAN DE BRAAK, A.E., VAN DE HAAR, A.G.C., VAN TILBURG, F.C. et DEBOUCK, P., 1994. Double blind field evaluation of a trivalent vaccine against respiratory disease in veal calves. *Veterinary Quarterly*. Vol. 16, n° 3, pp. 148-152. DOI 10.1080/01652176.1994.9694438.

FREUND, Y., 2016. Concordance entre deux méthodes de mesure d'une même variable : diagramme de Bland et Altman. *Annales françaises de médecine d'urgence*. Vol. 6, n° 2, pp. 143-146. DOI 10.1007/s13341-016-0621-4.

FULTON, R. W., 2009. Viral diseases of the bovine respiratory tract. In : *Food animal practice - Fifth edition* [en ligne]. Saint Louis : Saunders Elsevier. pp. 171-191. Current Veterinary Therapy. ISBN 978-1-4160-3591-6. Disponible à l'adresse : <https://doi-org.ezproxy.vetagro-sup.fr/10.1016/B978-1-4160-3591-6.X0135-2>

GAUTIER-BOUCHARDON, A. V., FERRÉ, S., LE GRAND, D., PAOLI, A., BOKKERS, E. et POUMARAT, F., 2014. Overall Decrease in the Susceptibility of *Mycoplasma bovis* to Antimicrobials over the Past 30 Years in France. BALISH, M. F. (éd.), *PLoS ONE*. Vol. 9, n° 2, pp. 2-9. DOI 10.1371/journal.pone.0087672.

GDS SANITÉA, 2020. *La lutte contre la BVD rendue obligatoire par arrêté ministériel* [en ligne]. 2020. [Consulté le 2 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://contrelabvd.com/wp-content/uploads/2020/04/SANITEA.pdf>

- GROOMS, D. L., 2004. Reproductive consequences of infection with bovine viral diarrhoea virus. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Vol. 20, n° 1, pp. 5-19. DOI 10.1016/j.cvfa.2003.11.006.
- HARPER, M., BOYCE, J.D. et ADLER, B., 2006. *Pasteurella multocida* pathogenesis: 125 years after Pasteur. *FEMS Microbiology Letters*. Vol. 265, n° 1, pp. 1-10. DOI 10.1111/j.1574-6968.2006.00442.x.
- HERENDA, D. C. et FRANCO, D. A., 1991. Respiratory system. In : *Food animal pathology and meat hygiene*. Mosby Year Book. St. Louis. pp. 9-13. ISBN 1-55664-239-3.
- HILLEN, S., VON BERG, S., KÖHLER, K., REINACHER, M., WILLEMS, H. et REINER, G., 2014. Occurrence and severity of lung lesions in slaughter pigs vaccinated against *Mycoplasma hyopneumoniae* with different strategies. *Preventive Veterinary Medicine*. 1 mars 2014. Vol. 113, n° 4, pp. 580-588. DOI 10.1016/j.prevetmed.2013.12.012.
- HOPE, A. C. A., 1968. A Simplified Monte Carlo Significance Test Procedure. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*. Vol. 30, n° 3, pp. 582-598. DOI 10.1111/j.2517-6161.1968.tb00759.x.
- HULBERT, L. E. et MOISÁ, S. J., 2016. Stress, immunity, and the management of calves. *Journal of Dairy Science*. Vol. 99, n° 4, pp. 3199-3216. DOI 10.3168/jds.2015-10198.
- HULBERT, L.E. et BALLOU, M. A., 2012. Innate immune responses and health of individually reared Holstein calves after placement into transition-pens 23 d after weaning. *The Journal of Dairy Research*. Vol. 79, n° 3, pp. 333-340. DOI 10.1017/S0022029912000271.
- INTERVET, 2002. *RCP - Bovilis bovigrif* [en ligne]. 2002. Disponible à l'adresse : <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=BOVILIS+BOVIGRIP>
- JARRIGE, N., CAZEAU, G., MORIGNAT, E., CHANTEPERDRIX, M. et GAY, E., 2017. Quantitative and qualitative analysis of antimicrobial usage in white veal calves in France. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 144, pp. 158-166. DOI 10.1016/j.prevetmed.2017.05.018.
- JARRIGE, N., CHANTEPERDRIX, M. et GAY, E., 2018. Exposition des veaux de boucherie aux antibiotiques. Vol. 3, n° 82, pp. 1-4.
- JAY, M. et TARDY, F., 2021. *Rapport d'activité Vigimyc 2021*. Anses, VetagroSup.
- JOURQUIN, S., LOWIE, T., DEBRUYNE, F., CHANTILLON, L., CLINQUART, J., MATHILDE, L., BOONE, R., HOFACK, G., VERTENTEN, G., SUSTRONCK, B. et PARDON, B., 2023. Effect of on-arrival BRD vaccination on ultrasound confirmed pneumonia and production parameters in male dairy calves: a randomized clinical trial. *Journal of Dairy Science*. Vol. TBC, n° TBC, p. 16. DOI 10.3168/jds.2023-23438.
- KAPIL, S. et BASARABA, R. J., 1997. Infectious Bovine Rhinotracheitis, Parainfluenza-3, and Respiratory Coronavirus. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Vol. 13, n° 3, pp. 455-469. DOI 10.1016/S0749-0720(15)30308-X.
- KEHRENBURG, Corinna, SCHULZE-TANZIL, Gundula, MARTEL, Jean-Louis, CHASLUS-DANCLA, Elisabeth et SCHWARZ, Stefan, 2001. Antimicrobial resistance in *Pasteurella* and *Mannheimia* : epidemiology and genetic basis. *Veterinary Research*. Vol. 32, n° 3/4, pp. 323-339. DOI 10.1051/vetres:2001128.
- LABORATORIOS HIPRA, 2007. *RCP - Hiprabovis somni/LKT émulsion injectable pour bovins* [en ligne]. 2007. Disponible à l'adresse :

<https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=HIPRABOVIS+SOMNI%2FLKT+EMULSION+INJECTABLE+POUR+BOVINS>

LAVA, M., SCHÜPBACH-REGULA, G., STEINER, A. et MEYLAN, M., 2016. Antimicrobial drug use and risk factors associated with treatment incidence and mortality in Swiss veal calves reared under improved welfare conditions. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 126, pp. 121-130. DOI 10.1016/j.prevetmed.2016.02.002.

LE CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2008. *Directive 2008/119/CE du Conseil du 18 décembre 2008 établissant les normes minimales relatives à la protection des veaux* [en ligne]. 2008. Disponible à l'adresse : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32008L0119>

LE GRAND, D., SOLSONA, M., ROSENGARTEN, R. et POUMARAT, F., 1996. Adaptive surface antigen variation in *Mycoplasma bovis* to the host immune response. *FEMS Microbiology Letters*. Vol. 144, n° 2-3, pp. 267-275. DOI 10.1111/j.1574-6968.1996.tb08540.x.

LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PÊCHE, DE LA RURALITÉ ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, 2011. *Arrêté du 20 décembre 2010 relatif au classement, au marquage et à l'étiquetage des carcasses de veaux et à l'étiquetage des carcasses de bovins de plus de huit mois*.

LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, 1997. *Arrêté du 8 décembre 1997 modifiant l'arrêté du 20 janvier 1994 établissant les normes minimales relatives à la protection des veaux* [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000569779?init=true&page=1&query=97%2F2%2FCE&searchField=ALL&tab_selection=all

LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION, 2019. *Arrêté du 31 juillet 2019 fixant des mesures de surveillance et de lutte contre la maladie des muqueuses/diarrhée virale bovine (BVD)* [en ligne]. 2019. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2019/7/31/AGRG1920523A/jo/texte>

LEGRAND, I., MARTINEAU, C., BERTRAND, G., GAUTIER, F. et LEFEBVRE, T., 2010. Production et caractérisation des veaux de boucherie de 6 mois, de 8 mois et d'animaux plus âgés produits en France. N° 17, pp. 369-372.

LENEVEU, P., POMMIER, P., MORVAN, H. et LEWANDOWSKI, E., 2009. *L'examen à l'abattoir des lésions de l'appareil respiratoire du porc*. RoudennGrafik - Plérin. p. 133. ISBN 2-906380-39-3.

LENSINK, J., VEISSIER, I. et FLORAND, L., 2001. The farmers' influence on calves' behaviour, health and production of a veal unit. *Animal Science*. Vol. 72, pp. 105-116. DOI 10.1017/S1357729800055600.

LERUSTE, H., BRSCIC, M., HEUTINCK, L. F. M., VISSER, E. K., WOLTHUIS-FILLERUP, M., BOKKERS, E. a. M., STOCKHOFE-ZURWIEDEN, N., COZZI, G., GOTTARDO, F., LENSINK, B. J. et VAN REENEN, C. G., 2012. The relationship between clinical signs of respiratory system disorders and lung lesions at slaughter in veal calves. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 105, n° 1-2, pp. 93-100. DOI 10.1016/j.prevetmed.2012.01.015.

LERUSTE, H. et LENSINK, J., 2014. Veaux. In : *Les filières animales françaises - Caractéristiques, enjeux et perspectives*. Tec&Doc. Paris : Lavoisier. p. 527. Synthèse agricole. ISBN 978-2-7430-1509-1.

MADEC, F. et KOBISCH, M., 1982. Bilan lésionnel des poumons de porcs charcutiers à l'abattoir. N° 14, pp. 405-412.

MARTINEAU, C, 2012. Indicateurs sanitaires en production de veaux de boucherie - Résultats du réseau d'élevages de référence. *Journée nationale des GTV Nantes*. Nantes. p.28.

MARTINEAU, C, BERTRAND, G et KERGOULAY, P., 2007. *Indicateurs zootechniques et sanitaires. Veaux de boucherie*. Institut de l'élevage. GIE Lait-Viande de Bretagne et Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne. Réseau veaux de boucherie. p.7.

MASON, C., ERRINGTON, J., FOSTER, G., THACKER, J., GRACE, O. et BAXTER-SMITH, K., 2022. *Mannheimia haemolytica* serovars associated with respiratory disease in cattle in Great Britain. *BMC Veterinary Research*. Vol. 18, p. 5. DOI 10.1186/s12917-021-03121-3.

MAUNSELL, F., BROWN, M. B., POWE, J., IVEY, J., WOOLARD, M., LOVE, W. et SIMECKA, J. W., 2012. Oral Inoculation of Young Dairy Calves with *Mycoplasma bovis* Results in Colonization of Tonsils, Development of Otitis Media and Local Immunity. CHANG, Y-F. (éd.), *PLoS ONE*. Vol. 7, n° 9, pp. 2-15. DOI 10.1371/journal.pone.0044523.

MAUNSELL, F. P. et DONOVAN, G. A., 2009. *Mycoplasma bovis* Infections in young calves. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. Vol. 25, n° 1, pp. 139-177, vii. DOI 10.1016/j.cvfa.2008.10.011.

MAUNSELL, F.P., DONOVAN, G. A., RISCO, C. et BROWN, M. B., 2009. Field evaluation of a *Mycoplasma bovis* bacterin in young dairy calves. *Vaccine*. Vol. 27, n° 21, pp. 2781-2788. DOI 10.1016/j.vaccine.2009.02.100.

MCAULIFFE, L., ELLIS, R. J., MILES, K., AYLING, R. D. et NICHOLAS, R. A. J.YR, 2006. Biofilm formation by mycoplasma species and its role in environmental persistence and survival. *Microbiology*. Vol. 152, n° 4, pp. 913-922. DOI 10.1099/mic.0.28604-0.

MEYER, G. et MAILLARD, R., 2020. *Vade Mecum des maladies respiratoires bovines*. Med'com. Paris. p.194. ISBN 978-2-35403-276-0.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 1993. *Article L326-1 - Légifrance* [en ligne]. L326-1. [Consulté le 15 mars 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006583486

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 2013. *Note de service - DGAL/SDSS/N2013-8180 - Liste des références caractérisant les lésions et autres non-conformités nécessitant une saisie vétérinaire en abattoir*.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 2017. *ECOANTIBIO² - Plan national de réduction des risques d'antibiorésistance en médecine vétérinaire - 2017 - 2021* [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/170419_plan_ecoantibio2.pdf

MORMEDE, P, SOISSONS, J, BLUTHE, Rose-Marie, RAOULT, Jacqueline, LEGARFF, G, LEVIEUX, D, DANTZER, R, CHAILLOU, J F, GEFFARD, Marie-Claire, ARNOUX, D et BOUYER, J, 1982. Effect of transportation on blood serum composition, disease incidence, and production traits in young calves. Influence of the journey duration. *Annales de Recherches Vétérinaires*. Vol. 13, n° 4, pp. 369-384.

NICHOLAS, R. A. J., AYLING, R. D. et STIPKOVITS, Laszlo P., 2002. An experimental vaccine for calf pneumonia caused by *Mycoplasma bovis*: clinical, cultural, serological and pathological findings. *Vaccine*. 4 octobre 2002. Vol. 20, n° 29-30, pp. 3569-3575. DOI 10.1016/s0264-410x(02)00340-7.

NICHOLAS, R., LORIA, G., CATANIA, S. et PICCININI, R., 2019. Evaluation of a saponised *Mycoplasma bovis* vaccine- some field observations. Vol. 6, n° 3, pp. 1-3.

OLIVEIRA, V. H.S., DALL AGNOL, A. M., FRITZEN, J.T.T., LORENZETTI, E., ALFIERI, A. A. et ALFIERI, A. F., 2020. Microbial diversity involved in the etiology of a bovine respiratory disease outbreak in a dairy calf rearing unit. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. Vol. 71, pp. 1-6. DOI 10.1016/j.cimid.2020.101494.

OLLIVETT, T. L., 2018. Thoracic ultrasound to monitor lung health and assist decision making in preweaned dairy calves. *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings*. Vol. 51, n° 2, pp. 185-187.

OLLIVETT, T. L., LESLIE, K. E., DUFFIELD, T. F., NYDAM, D. V., HEWSON, J., CASWELL, J., DUNN, P. et KELTON, D. F., 2018. Field trial to evaluate the effect of an intranasal respiratory vaccine protocol on calf health, ultrasonographic lung consolidation, and growth in Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*. Vol. 101, n° 9, pp. 8159-8168. DOI 10.3168/jds.2017-14271.

PARDON, B. et BUCZINSKI, S., 2020. Bovine Respiratory Disease Diagnosis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Vol. 36, n° 2, pp. 425-444. DOI 10.1016/j.cvfa.2020.03.005.

PARDON, B., CALLENS, J., MARIS, J., ALLAIS, L., VAN PRAET, W., DEPREZ, P. et RIBBENS, S., 2020. Pathogen-specific risk factors in acute outbreaks of respiratory disease in calves. *Journal of Dairy Science*. Vol. 103, n° 3, pp. 2556-2566. DOI 10.3168/jds.2019-17486.

PARDON, B., CATRY, B., DEWULF, J., PERSOONS, D., HOSTENS, M., DE BLEECKER, K. et DEPREZ, P., 2012. Prospective study on quantitative and qualitative antimicrobial and anti-inflammatory drug use in white veal calves. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. Vol. 67, n° 4, pp. 1027-1038. DOI 10.1093/jac/dkr570.

PARDON, B., DE BLEECKER, K., DEWULF, D., CALLENS, J., BOYEN, F., CATRY, B. et DEPREZ, P., 2011. Prevalence of respiratory pathogens in diseased, non-vaccinated, routinely medicated veal calves. *The Veterinary record*. Vol. 169, n° 11, p. 6. DOI 10.1136/vr.d4406.

PARDON, B., DE BLEECKER, K., HOSTENS, M., CALLENS, J., DEWULF, J. et DEPREZ, P., 2012. Longitudinal study on morbidity and mortality in white veal calves in Belgium. *BMC Veterinary Research*. Vol. 8, n° 1, p. 26. DOI 10.1186/1746-6148-8-26.

PARDON, B., HOSTENS, M., DUCHATEAU, L., DEWULF, J., DE BLEECKER, K. et DEPREZ, P., 2013. Impact of respiratory disease, diarrhea, otitis and arthritis on mortality and carcass traits in white veal calves. *BMC Veterinary Research*. Vol. 9, n° 1, p. 79. DOI 10.1186/1746-6148-9-79.

QUINN, MARKEY, LEONARD, HARTIGAN, FANNING, et FITZPATRICK, 2011. *Veterinary Microbiology and Microbial Disease* [en ligne]. Chichester, West Sussex, UK : Wiley-Blackwell. [Consulté le 28 avril 2023]. ISBN 978-1-4051-5823-7. Disponible à l'adresse : <https://login.ezproxy.vetagro-sup.fr/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=675531&lang=fr&site=ehost-live&scope=site>

R CORE TEAM, 2023. *R: A Language and Environment for Statistical Computing* [en ligne]. Vienna, Austria : R Foundation for Statistical Computing. Disponible à l'adresse : <https://www.R-project.org/>

RÉUSSIR BOVINS VIANDE, 2016. Du veau français pour la restauration hors foyer | Réussir bovins viande. *Réussir- Bovins viande* [en ligne]. [Consulté le 1 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.reussir.fr/bovins-viande/du-veau-francais-pour-la-restauration-hors-foyer>

- RICE, J. A., CARRASCO-MEDINA, L., HODGINS, D. C. et SHEWEN, P. E., 2007. Mannheimia haemolytica and bovine respiratory disease. *Animal Health Research Reviews*. Vol. 8, n° 2, pp. 117-128. DOI 10.1017/S1466252307001375.
- SANDELIN, A., HÄRTEL, H., SEPPÄ-LASSILA, L., KAARTINEN, L., RAUTALA, H., SOVERI, T. et SIMOJOKI, H., 2020. Field trial to evaluate the effect of an intranasal respiratory vaccine protocol on bovine respiratory disease incidence and growth in a commercial calf rearing unit. *BMC Veterinary Research*. Vol. 16, n° 1, p. 73. DOI 10.1186/s12917-020-02294-7.
- SANDVIK, T., 2005. Selection and use of laboratory diagnostic assays in BVD control programmes. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 72, n° 1, pp. 3-16. DOI 10.1016/j.prevetmed.2005.08.015.
- SANS, P et DE FONTGUYON, G, 2009. Veal calf industry economics. *Revue Médicale Vétérinaire*. pp. 420-424.
- SCHNEIDER, M. J., TAIT, R. G., Jr., BUSBY, W. D. et REECY, J. M., 2009. An evaluation of bovine respiratory disease complex in feedlot cattle: Impact on performance and carcass traits using treatment records and lung lesion scores^{1,2}. *Journal of Animal Science*. Vol. 87, n° 5, pp. 1821-1827. DOI 10.2527/jas.2008-1283.
- SCHÖNECKER, L., SCHNYDER, P., SCHÜPBACH-REGULA, G., MEYLAN, M. et OVERESCH, G., 2020. Prevalence and antimicrobial resistance of opportunistic pathogens associated with bovine respiratory disease isolated from nasopharyngeal swabs of veal calves in Switzerland. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 185, p. 10. DOI 10.1016/j.prevetmed.2020.105182.
- SIX, C., DASSONVILLE, P.O., FLOC'H, S., FLORAND, L., JAUREGUY, C., LORENT, T. et MATHON, A., 2005. Le mauvais départ dans la vie fait nécessairement tousser. Vol. 36, n° (Supplément Tome II), pp. 24-35.
- SOEHNLEN, M. K., AYDIN, A., LENGERICH, E. J., HOUSER, B. A., FENTON, Ginger D., LYSCZEK, H. R., BURNS, C. M., BYLER, L. I., HATTEL, A. L., WOLFGANG, D. R. et JAYARAO, B. M., 2011. Blinded, controlled field trial of two commercially available Mycoplasma bovis bacterin vaccines in veal calves. *Vaccine*. Vol. 29, n° 33, pp. 5347-5354. DOI 10.1016/j.vaccine.2011.05.092.
- SOEHNLEN, M.K., AYDIN, A., MURTHY, K.S., LENGERICH, E.J., HATTEL, A.L., HOUSER, B.A., FENTON, G.D., LYSCZEK, H.R., BURNS, C.M., TOWNSEND, A.M., BROOKS, J.W., WOLFGANG, D.R. et JAYARAO, B.M., 2012. Epidemiology of Mycoplasma bovis in Pennsylvania veal calves. *Journal of Dairy Science*. Vol. 95, n° 1, pp. 247-254. DOI 10.3168/jds.2011-4309.
- STEP, D. et CONFER, A. W., 2009. Mannheimia haemolytica and Pasteurella multocida - Induced bovine pneumonia. In : *Food animal practice - Fifth edition*. Saint Louis : Saunders Elsevier. pp. 164-2170. Current Veterinary Therapy. ISBN 978-1-4160-3591-6.
- STUDER, E., SCHÖNECKER, L., MEYLAN, M., STUCKI, D., DIJKMAN, R., HOLWERDA, M., GLAUS, A. et BECKER, J., 2021. Prevalence of BRD-Related Viral Pathogens in the Upper Respiratory Tract of Swiss Veal Calves. *Animals*. Vol. 11, n° 7, p. 16. DOI 10.3390/ani11071940.
- TASSIN, P. et ROZIER, J., 1992a. Les lésions du poumon des bovins - Lésions inflammatoires. Vol. 168, n° 2, pp. 127-133.
- TASSIN, P. et ROZIER, J., 1992b. Les lésions du poumon chez les Bovins - Altérations, malformations, lésions élémentaires. Vol. 168, n° 1, pp. 57-65.

- TAYLOR, J. D., FULTON, R. W., LEHENBAUER, T. W., STEP, D. L. et CONFER, A. W., 2010. The epidemiology of bovine respiratory disease: What is the evidence for predisposing factors? *The Canadian Veterinary Journal*. 2010. Vol. 51, n° 10, pp. 1095-1102.
- THIRY, E, SCHYNTS, F et LEMAIRE, M, 2002. Caractéristiques du système immunitaire du fœtus bovin et du veau nouveau-né. Implications dans la prévention et le diagnostic des infections d'origine virale. Vol. 146, pp. 225-232.
- THOMAS, L. H., STOTT, E. J., COLLINS, A. P., CROUCH, S. et JEBBETT, J., 1984. Infection of gnotobiotic calves with a bovine and human isolate of respiratory syncytial virus. Modification of the response by dexamethasone. *Archives of Virology*. Vol. 79, n° 1-2, pp. 67-77. DOI 10.1007/BF01314304.
- THOMPSON, P. N., STONE, A. et SCHULTHEISS, W. A., 2006. Use of treatment records and lung lesion scoring to estimate the effect of respiratory disease on growth during early and late finishing periods in South African feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. Vol. 84, n° 2, pp. 488-498. DOI 10.2527/2006.842488x.
- TIMSIT, E., ASSIÉ, S., QUINIOU, R., SEEGER, H. et BAREILLE, N., 2011. Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses. *The Veterinary Journal*. Vol. 190, n° 1, pp. 136-142. DOI 10.1016/j.tvjl.2010.09.012.
- TRACHTENBERG, S., 2005. Mollicutes. *Current Biology*. 2005. Vol. 15, n° 13, pp. 483-484. DOI 10.1016/j.cub.2005.06.049.
- TRESSE, C., RISSON, K., BENDAILH, F. et OLIVIERO, L., 2008. Comparaison de différents protocoles vaccinaux contre les troubles respiratoires des bovins en atelier d'élevage. pp. 423-424.
- UNDERWOOD, W. J., BLAUWIEKEL, R., DELANO, M L., GILLESBY, R., MISCHLER, Scott A. et SCHOELL, A., 2015. Biology and Diseases of Ruminants (Sheep, Goats, and Cattle). In : FOX, J. G., ANDERSON, L. C., OTTO, G. M., PRITCHETT-CORNING, K. R. et WHARY, M. T. (éd.), *Laboratory Animal Medicine (Third Edition)* [en ligne]. Boston : Academic Press. pp. 623-694. American College of Laboratory Animal Medicine. [Consulté le 8 avril 2023]. ISBN 978-0-12-409527-4. Disponible à l'adresse : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095274000158>
- VALARCHER, Jean-Francois et TAYLOR, Geraldine, 2007. Bovine respiratory syncytial virus infection. *Veterinary Research*. Vol. 38, n° 2, pp. 153-180. DOI 10.1051/vetres:2006053.
- VAN DER MEI, J et VAN DEN INGH, TSGM, 1987. Lung and pleural lesions of veal calves at slaughter and their relationship with carcass weight. *Veterinary quarterly*. 1987. Vol. 9, n° 3, pp. 203-207.
- VEISSIER, I., BERTRAND, G. et TOULLEC, R., 2003. *Le veau de boucherie, concilier bien-être animal et production*. INRA Editions. Paris. du labo au terrain. p.210. ISBN 2-7380-1053-9.
- WELFARE QUALITY RESEARCH PROJECT, 2009. *Assessment of animal welfare measures for dairy cattle, beef bulls and veal calves*. B. Forkman et L. Keeling. Welfare Quality Reports. p.314. ISBN 1-902647-81-5.
- WEST, K., PETRIE, L., KONOBY, C., HAINES, D. M., CORTESE, V. et ELLIS, J. A., 1999. The efficacy of modified-live bovine respiratory syncytial virus vaccines in experimentally infected calves. *Vaccine*. Vol. 18, n° 9, pp. 907-919. DOI 10.1016/S0264-410X(99)00324-2.

WILSON, D.J., JUSTICE-ALLEN, A., GOODELL, G., BALDWIN, T.J., SKIRPSTUNAS, R.T. et CAVENDER, K.B., 2011. Risk of *Mycoplasma bovis* transmission from contaminated sand bedding to naive dairy calves. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94, n° 3, pp. 1318-1324. DOI 10.3168/jds.2010-3692.

WILSON, S., VAN BRUSSEL, L., SAUNDERS, G., TAYLOR, L., ZIMMERMANN, L., HEINRITZI, K., RITZMANN, M., BANHOLZER, E. et EDDICKS, M., 2012. Vaccination of piglets at 1 week of age with an inactivated *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccine reduces lung lesions and improves average daily gain in body weight. *Vaccine*. Vol. 30, n° 52, pp. 7625-7629. DOI 10.1016/j.vaccine.2012.10.028.

WINDEYER, M. C., LESLIE, K. E., GODDEN, S. M., HODGINS, D. C., LISSEMORE, K. D. et LEBLANC, S. J., 2012. The effects of viral vaccination of dairy heifer calves on the incidence of respiratory disease, mortality, and growth. *Journal of Dairy Science*. Vol. 95, n° 11, pp. 6731-6739. DOI 10.3168/jds.2012-5828.

YARNALL, M., JOLIVET, E., CHEVALIER, M., BOLON, A., TIBERGHEN, M.P., HUŇADY, M. et PHILIPPE, C., 2022. In field review of Bovalto® Respi 3 and 4 efficacy in different production systems. *Acta Veterinaria Brno*. Vol. 91, n° 3, pp. 217-226. DOI 10.2754/avb202291030217.

ZECCHINON, L., FETT, T. et DESMECHT, D., 2005. How *Mannheimia haemolytica* defeats host defence through a kiss of death mechanism. *Veterinary Research*. Vol. 36, n° 2, p. 133. DOI 10.1051/vetres:2004065.

ZOETIS, 2003. *RCP - Rispoval 3 BRSV Pi3 BVD* [en ligne]. 2003. Disponible à l'adresse : <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=RISPOVAL+3+BRSV+PI3+BVD>

ZOETIS, 2006. *RCP - Rispoval RS + Pi3 intranasal* [en ligne]. 2006. Disponible à l'adresse : <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=RISPOVAL+RS+%2B+PI3+INTRANASAL>

ZOETIS, 2023. *RCP - Protivity lyophilisat et solvant pour suspension injectable pour bovins* [en ligne]. 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=PROTIVITY+LYOPHILISAT+ET+SOLVANT+POUR+SUSPENSION+INJECTABLE+POUR+BOVINS>

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau présentant différentes spécialités vaccinales utilisables chez les veaux de boucherie

Vaccin (nom commercial)	Fabricant	Agent pathogène	Type de vaccin	Administration/posologie
Bovalto Respi 3®	Boehringer Ingelheim	BRSV, VPi3, <i>Mannheimia haemolytica</i>	Inactivé	Voie sous-cutanée A partir de 2 semaines d'âge 2 doses à 3 semaines d'intervalle (schéma à adapter selon vaccination de la mère) Rappel : 6 mois après dernière fin de primovaccination Début immunité : 3 semaines Durée de l'immunité : 6 mois
Bovalto Respi 4®	Boehringer Ingelheim	BRSV, VPi3, BVDV, <i>Mannheimia haemolytica</i>	Inactivé	Voie sous-cutanée A partir de 2 semaines d'âge 2 doses à 3 semaines d'intervalle (schéma à adapter selon vaccination de la mère) Rappel : 6 mois après dernière fin de primovaccination Début immunité : 3 semaines Durée de l'immunité : 6 mois
Bovalto Respi IN®	Boehringer Ingelheim	BRSV, VPi3	Vivant atténué	Voie intranasale A partir de l'âge de 10 jours, une administration Début immunité : 10 jours après vaccination Durée de l'immunité : 12 semaines
Bovalto pastobov®	Boehringer Ingelheim	<i>Mannheimia haemolytica</i>	Inactivé (contient leucotoxine)	Voie intramusculaire ou sous-cutanée A partir de 4 semaines 2 doses à 21-28 jours d'intervalle puis rappel 1 an plus tard
Salmopast®	Boehringer Ingelheim	<i>Mannheimia haemolytica</i> , <i>Pasteurella multocida</i> , <i>Salmonella dublin et typhimurium</i>	Inactivé	Voie sous-cutanée A partir de 8 jours d'âge (si veaux issus de femelles non vaccinées) 2 injections à 2-4 semaines d'intervalle A partir de 15 jours (si veaux issus de femelles vaccinées) 2 injections à 2-4 semaines d'intervalle
Bovilis bovigrip®	Intervet	BRSV, VPi3, <i>Mannheimia haemolytica</i>	Inactivé	Voie sous-cutanée A partir de 2 semaines 2 injections à 4 semaines d'intervalle Immunité contre BRSV : 3 semaines Immunité contre Pi3 et <i>Mannheimia haemolytica</i> : 6 semaines
Nasym®	Hipra	BRSV	Vivant atténué	Voie intranasale ou intramusculaire A partir de 9 jours (voie IN), puis rappel voie IM 2 mois après, puis tous les 6 mois A partir de 10 semaines (voie IM), puis rappel voie IM 4 semaines après, puis tous les 6 mois

Rispoval RS+ PI3 Intranasal®	Zoetis	BRSV, VPi3	Vivant atténué	Voie intranasale A partir de 9 jours d'âge Début immunité : 5 jours pour le BRSV, 10 jours pour PI3 Durée immunité : 12 semaines
Protivity®	Zoetis	<i>Mycoplasma bovis</i>	Vivant atténué	Voie sous-cutanée A partir de 1 semaine d'âge Injection de 2 doses à 3 semaines d'intervalle Début immunité : 12 jours Durée immunité : non établie

On notera l'autorisation de mise sur le marché récente d'un vaccin contre *Mycoplasma bovis*.
BRSV = Virus respiratoire syncytial bovin, VPi3 = Virus parainfluenza bovin 3, BVDV = Virus de la
diarrhée virale bovine. Sources : Boehringer Ingelheim 1981, 1995, 2015a,b, 2018 ; Intervet 2002 ;
Laboratotios Hipra 2019 ; Zoetis 2006, 2023.

Annexe 2 : Historique de la création de la grille de notation pulmonaire

Une première grille a été créée, largement inspirée de celle proposée par Madec chez le porc, en vue d'une première visite à l'abattoir. Le même système de notation a été choisi, en l'adaptant aux veaux. Les notes, 0 à 4 en fonction de la superficie de la lésion, étaient attribuées pour chacun des sept lobes, le lobe crânial droit, cardiaque droit, diaphragmatique droit, crânial gauche, cardiaque gauche, diaphragmatique gauche et azygos. Ces notes et le découpage des lobes sont présentés dans le tableau et la figure ci-dessous. Un point était ajouté par lobe pour la présence d'abcès, et la présence de pleurésie était notée 1 pour le poumon. En additionnant les notes de chaque lobe et la note attribuée en présence de pleurésie sur le poumon entier, la note maximale d'un poumon était de 36.

Tableau : Note par lobe pulmonaire en fonction de l'étendue des lésions de pneumonie dans la première grille de notation pulmonaire.

Note/lobe	Etendue des lésions de pneumonie
0	Absence de lésion
1	Surface des lésions < pièce de 2€
2	Surface des lésions entre 2€ et la ½ du lobe
3	Surface des lésions entre la ½ et les ¾ du lobe
4	Surface des lésions > ¾ du lobe

Note/lobe	Atteinte pulmonaire
0 Absence de lésions	
1 Lésion de la taille d'une pièce de deux euros	
2 Lésion entre une pièce de deux euros et la moitié du lobe	
3 Lésion entre la moitié et les trois quarts du lobe	
4 Lésion de taille supérieure aux trois quarts du lobe	

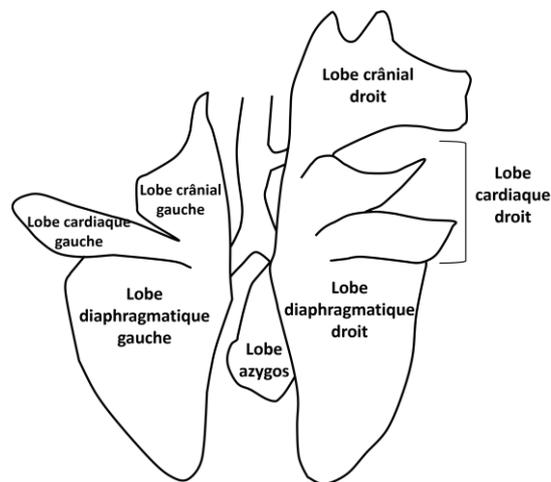


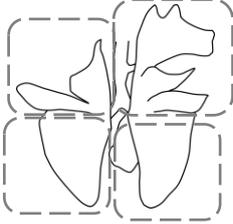
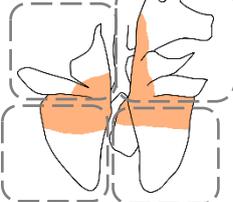
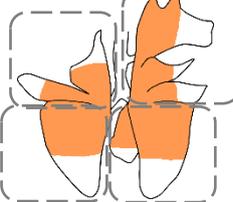
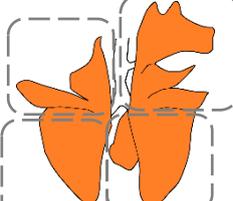
Figure : Découpage des lobes pour la première grille de notation pulmonaire

Source : modifié d’après Bressou, 1978.

Une seconde grille a été réalisée en parallèle, après discussion de différents points. La notation des lésions était de zéro à trois, en utilisant cette fois-ci une division en tiers de cadrans, après définition de quatre cadrans pulmonaires. Cette notation est présentée dans le tableau ci-dessous. Les lobes crâniens et cardiaques droits constituaient le premier cadran, le lobe diaphragmatique droit et le lobe azygos le second cadran, les lobes crâniens et cardiaques gauches le troisième cadran et le lobe diaphragmatique gauche le dernier cadran. Les cadrans permettaient d’être plus rapide. Le schéma des cadrans et l’étendue des notations sont présentés dans la figure ci-dessous. Une case « RAS » était ajoutée, pour des raisons de rapidité. Les abcès et la pleurésie étaient notés en remarques. La note maximale du poumon était alors de 12.

Tableau : Note par lobe pulmonaire en fonction de l’étendue des lésions de pneumonie dans la seconde grille de notation pulmonaire

Note/cadran	Etendue des lésions de pneumonie
0	Absence
1	Surface des lésions de moins d’un tiers du cadran
2	Surface des lésions 1/3 – 2/3 du cadran
3	Surface des lésions > 2/3 du cadran

Note/cadran	Atteinte pulmonaire
<p align="center">0</p> <p align="center">Absence de lésion</p>	
<p align="center">1</p> <p align="center">Lésion de moins de 1/3 de cadran</p>	
<p align="center">2</p> <p align="center">Lésion entre 1/3 et 2/3 de cadran</p>	
<p align="center">3</p> <p align="center">Lésion de plus de 2/3 de cadran</p>	

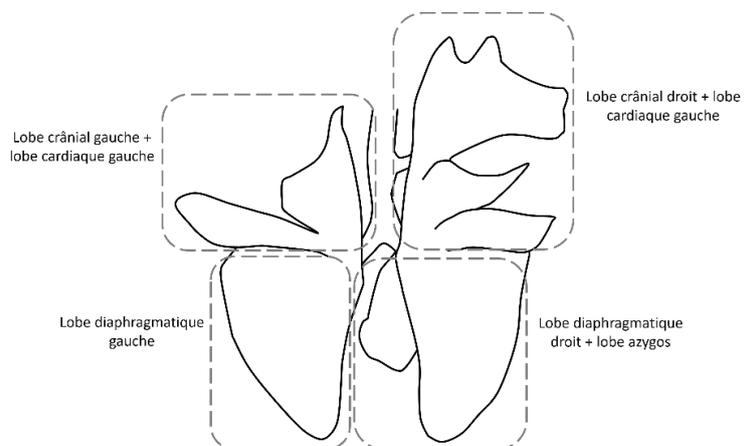


Figure : Découpage des cadrans pulmonaires utilisés pour la deuxième grille de notation pulmonaire

Après essai de ces grilles à l'abattoir, il est apparu que la notation en cadran était trop large, mais que la notation de 0 à 3 de cette deuxième pourrait être plus facile à noter que la notation de 0 à 4 utilisée pour la première grille. Ces réflexions ont abouti à la création d'une troisième grille, en utilisant les notes de lésions de 0 à 3 de la deuxième grille et le découpage des lobes de la première grille. L'essai de cette grille a ensuite conduit à l'écriture de la grille finale, en séparant le lobe cardiaque droit en deux lobes.

Annexe 3 : Grille de notation pulmonaire utilisée à l'abattoir

Date :

Notation : de 0 à 3

	RAS	Lésions pulmonaire							Remarques		Score poumon /24	N° carcasse
		Lobe crânial droit	Lobe cardiaque crânial droit	Lobe cardiaque caudal droit	Lobe azygos	Lobe diaphragmatique droit	Lobe crânial gauche	Lobe cardiaque gauche	Lobe diaphragmatique gauche	Abcès (oui/non)		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												

Annexe 4: Script de la comparaison des notations et de l'étude du score pulmonaire

Comparaison des notations

```
d<-read.table("comparaison_notation_poumons.txt", header=TRUE, stringsAsFactors=TRUE)
library(ggplot2)

## Warning: le package 'ggplot2' a été compilé avec la version R 4.2.2
```

Sunflower plot présentant les deux notations

```
sunflowerplot(d$score_poumons_alice,d$score_poumons_MAA,main="Graphique représentant la comparaison des notations",xlab="Score pulmonaire total noté par l'opérateur 1",ylab="Score pulmonaire total noté par l'opérateur 2",cex.lab=0.9,cex.main=1, pch = 20) #sunflower plot, permettant de représenter les ex-aequos, cex.main/.Lab = taille police du titre/de l'axe
abline(0,1,col=rgb(0,0,0.6)) # pour tracer la droite d'équation x=y, rgb donne une couleur que j'ai choisie
points(12,22,pch = 20,col = rgb(0.4,0.8,0.2)) # pour mettre en valeur la valeur extrême, col =rgb() permet d'avoir un joli vert, pch = type de point
legend(15,8,legend=c("Droite d'équation x=y","Ex-aequos"),lty=1, col =c(rgb(0,0,0.6),"red"),cex = 0.7)
```

Corrélation des rangs de Spearman

```
cor.test(d$score_poumons_alice,d$score_poumons_MAA,method="spearman")
```

Table de contingence des deux scores

Création de la liste pour faire des classes pulmonaires

```
classespulm<-c(0,2,5,8,24)
d$scorequal_alice<-cut(d$score_poumons_alice,breaks=classespulm,include.lowest = TRUE) #réalisation des classes de score pulmonaire, scorequal = score en qualitatif (en classe)
d$scorequal_MAA<-cut(d$score_poumons_MAA,breaks=classespulm,include.lowest = TRUE)#réalisation des classes de score pulmonaire
```

Table de contingence

```
table(d$scorequal_alice,d$scorequal_MAA) #réalisation table de contingence

##
##      [0,2] (2,5] (5,8] (8,24]
## [0,2]      46      1      0      0
## (2,5]       2     14      2      0
## (5,8]       1      1      9      2
## (8,24]      0      0      3     12
```

Réalisation du graphique de Bland et Altman

Pour créer le graphe de Bland et Altman on prend la moyenne des écarts entre les notations = m = "biais observé" écart type des écarts de notation = s → limite haute : moyenne + 1,96 s
→ limite basse : moyenne - 1,96 s

```

d$diff<-d$score_poumons_alice-d$score_poumons_MAA #réalisation des écarts entre Les notations
d$moy<-(d$score_poumons_alice+d$score_poumons_MAA)/2 #réalisation de la moyenne des notations des 2 opérateurs

sunflowerplot(diff~moy,data=d,xlab="Moyenne des deux notations", ylab="Différence entre les notations pour un même poumon",main="") #sunflower plot de s écarts entre Les notations et de La moyenne des notations
(m<-mean(d$diff)) #moyenne des différences entre Les notations

## [1] 0.172043

s<-sd(d$diff) #écart type des différences entre Les notations
lh<-m+1.96*s # lh pour limite de concordance haute
lb<-m-1.96*s # lb pour limite de concordance basse
abline(h=m,col="red") #ligne horizontale de la moyenne des différences entre Les notations
abline(h=lh,col=rgb(0.4,0.8,0.2)) #Ligne horizontale représentant la limite de concordance haute
abline(h=lb,col=rgb(0.4,0.8,0.2))#Ligne horizontale représentant la limite de concordance basse
abline(h=m+3,col="grey",lty=2) #lignes horizontales représentant un intervalle d'une classe pulmonaire
abline(h=m-3,col="grey",lty=2)

```

Étude de la normalité de la distribution des différences

```
qqnorm(d$diff)
```

ÉTUDE SCORE PULMONAIRE

```

d<-read.table("donnees_pour_R.txt", header=TRUE, stringsAsFactors=TRUE)
library(ggplot2)

## Warning: le package 'ggplot2' a été compilé avec la version R 4.2.2

library(RColorBrewer)

```

Description des données

Générales

```
str(d)
summary(d)
```

Création des classes de score pulmonaire

```
d$scorequal<-cut(d$score_du_poumon,breaks=c(0,2,5,8,24),include.lowest = TRUE) #création de classes, include.lowest permet d'inclure le 0, breaks = to
```

```

us Les endroits où on veut stopper pour faire les classes.
(table(d$scorequal))#permet d'obtenir les effectifs dans chaque classe

couleursclassespulm<-c(rgb(0,0.8,0.6,1),rgb(0,0.6,0.6,1),rgb(0,0.4,0.6,1),r
gb(0,0.2,0.6,1))# création d'une liste contenant les couleurs correspondant
es aux classes de score pulmonaire

```

Comparaison des élevages

Effectifs de poumons observés dans chaque élevage

```

d$elevage<-factor(d$elevage,labels=c("A","B","C*","D","E","F","G*","H","I",
"J","K","L*","M*")) # pour attribuer une étoile aux élevages de veaux blanc
s
summary(d$elevage)

```

Représentation graphique des élevages en fonction du score pulmonaire

```

boxplot(d$score_du_poumon~d$elevage, pch = 20,xlab = "Elevages", ylab= "Sco
re pulmonaire", main="Score pulmonaire et comparaison des élevages", col="w
hite",lty= 1) # boxplot représentant les scores pulmonaires en fonction des
élevages. xlab et ylab = Les noms des axes. main = titre du graphique.

```

Résumés statistiques du score pulmonaire en fonction des élevages

```

(tapply(d$score_du_poumon,d$elevage, FUN =summary))# permet d'obtenir les r
ésumés statistiques des scores pulmonaires en fonction des élevages, en app
liquant la fonction summary grâce à tapply sur tous les sous groupes "eleva
ge-scores donnés pour cet élevage"

```

Représentation de la normalité de la distribution

```

tapply(d$score_du_poumon,d$elevage, qqnorm)# pour tracer graphe des quantil
e quantile de la loi normale

```

Réalisation du test de Kruskal-Wallis pour comparer les élevages vis à vis de leur score pulmonaire

```

kruskal.test(d$score_du_poumon~d$elevage) # car on ne peut pas réaliser l'a
pproximation de la loi normale

```

Tests pour évaluer les différences entre élevages, pour chaque donnée technico-économique

```

d$conformation_musculaire_EUROP<-factor(d$conformation_musculaire_EUROP,lev
els=c("E","U","R","O","P")) # pour que les notes soient dans le bon ordre
d$conformation_musculaire_EUROP_quant<-as.numeric(d$conformation_musculaire
_EUROP)#pour transformer la variable conformation musculaire en quantitativ
e
# 1= E, 2=U, 3=R, 4=O, 5=P
tapply(d$conformation_musculaire_EUROP_quant,d$elevage, qqnorm)# pour trace
r graphe des quantile quantile de la loi normale

(kruskal.test(d$conformation_musculaire_EUROP_quant~d$elevage)) # car on ne
peut pas réaliser l'approximation de la loi normale

tapply(d$etat_d_engraissement,d$elevage, qqnorm)# pour tracer graphe des qu
antile quantile de la loi normale

```

```
(kruskal.test(d$etat_d_engraissement~d$elevage)) # car on ne peut pas réaliser l'approximation de la loi normale
```

```
tapply(d$couleur_viande,d$elevage, qqnorm)# pour tracer graphe des quantiles de la loi normale
```

```
(kruskal.test(d$couleur_viande~d$elevage)) # car on ne peut pas réaliser l'approximation de la loi normale
```

Données technico-économiques, score pulmonaire et élevages

```
tconformmuscu_elevages<-table(d$conformation_musculaire_EUROP_quant,d$elevage)  
#création de table
```

```
tetatengr_elevages<- table(d$etat_d_engraissement,d$elevage)
```

```
tcouleur_elevages<-table(d$couleur_viande,d$elevage)
```

```
# Conformation musculaire
```

```
barplot(tconformmuscu_elevages, xlab = "Elevages", ylab= "Effectif notes de conformation musculaire",col=brewer.pal(n=4,name="Blues")) #brewer.pal est une palette de couleur, avec n = Le nombre de couleurs qu'on veut et name le nom de la palette
```

```
legend(x="topright", legend=c("U","R","O","P"), cex=1,fill=brewer.pal(n=4,name="Blues"))
```

```
# Etat d'engraissement
```

```
barplot(tetatengr_elevages, xlab = "Elevages", ylab= "Effectif notes d'état d'engraissement",col=brewer.pal(n=3,name="Greens")) #brewer.pal est une palette de couleur, avec n = Le nombre de couleurs qu'on veut et name le nom de la palette
```

```
legend(x="topright", legend=c("1","2","3"), cex=1,fill=brewer.pal(n=3,name="Greens"))
```

```
# Couleur de carcasse
```

```
barplot(tcouleur_elevages, xlab = "Elevages", ylab= "Effectif notes de couleur",col=brewer.pal(n=4,name="RdPu")) #brewer.pal est une palette de couleur, avec n = Le nombre de couleurs qu'on veut et name le nom de la palette
```

```
legend(x="topright", legend=c("1","2","3","4"), cex=1,fill=brewer.pal(n=4,name="RdPu"))
```

```
# Score pulmonaire
```

```
boxplot(d$score_du_poumon~d$elevage, pch = 20, xlab = "Elevages", ylab= "Score pulmonaire", main="", col="grey",lty= 1)
```

Résumés statistiques de la note de conformation musculaire en fonction des élevages

```
(tapply(d$conformation_musculaire_EUROP_quant,d$elevage, FUN =summary))# permet d'obtenir les paramètres statistiques des notes de conformation musculaire en fonction des élevages, en appliquant la fonction summary grâce à tapply sur tous les sous groupes "elevage-scores" donnés pour cet élevage
```

Distribution des notes d'état d'engraissement

Effectifs

```
(effectifsee<-table(d$etat_d_engraissement))# pour avoir Les effectifs de c  
haque note, avec ee= etat engraissement  
  
(prop.table(effectifsee))# pour avoir Les pourcentages
```

Représentation graphique

```
getat<-ggplot(data=d, mapping=aes(x=etat_d_engraissement))  
getat<-getat+geom_bar(position=position_dodge(),fill=brewer.pal(n=3,name="G  
reens"))+theme_bw()+xlab("Note d'état d'engraissement")+ylab("Effectif")+gg  
title("Distribution des notes d'état d'engraissement")+annotate("text",x= 1  
, y= 25, label = "5 (1 %)")+annotate("text",x=2,y= 50, label = "33 (6 %)")+a  
nnotate("text",x=3,y=545,label="527 (93,3 %)") #annotate = pour ajouter man  
uellement du texte. theme_bw = pour faire Le fond du graphique en blanc. xl  
ab et ylab = pour nommer Les axes. ggtitle = pour Le titre  
getat
```

Distribution des notes de conformation pulmonaire

```
d$conformation_musculaire_EUROP<-factor(d$conformation_musculaire_EUROP,lev  
els=c("E","U","R","O","P")) # pour que Les notes soient dans Le bon ordre
```

Effectifs

```
(effectifscm<-table(d$conformation_musculaire_EUROP))# pour avoir Les effec  
tifs de chaque note, avec cm= conformation musculaire  
  
(prop.table(effectifscm))# pour avoir Les pourcentages
```

Représentation graphique

```
gconformation<-ggplot(data=d, mapping=aes(x=conformation_musculaire_EUROP))  
gconformation<-gconformation+geom_bar(position=position_dodge(),fill=brewer  
.pal(n=4,name="Blues"))+theme_bw()+xlab("Conformation musculaire")+ylab("Ef  
fectif")+ggtitle("Distribution des notes de conformation musculaire")+annot  
ate("text",x= 1, y= 32, label = "18 (3 %)")+annotate("text",x=2,y= 150, lab  
el = "135 (23,8 %)")+annotate("text",x=3,y=287,label="273 (48,3 %)")+annotat  
e("text",x=4,y= 156, label = "139 (24,6 %)") #theme_bw fait Le fond du graph  
ique en blanc. annotate = permet d'ajouter manuellement du texte, dont on r  
ègle Les coordonnées avec x et y.  
gconformation
```

Distribution des notes de couleur de carcasse chez les veaux blancs

Création du jeu de donnée contenant uniquement les élevages de veaux blancs

```
dVB<-subset(d,elevage %in% c("C*","G*","L*","M*")) #Création du tableau de  
données avec que Les élevages de veaux blancs, avec VB pour veaux blancs
```

Effectifs

```
(effectifsc<-table(dVB$couleur_viande))# pour avoir les effectifs de chaque note, avec cc= couleur de carcasse
```

```
(prop.table(effectifsc))
```

Représentation graphique

```
gcouleurviande<-ggplot(data=dVB, mapping=aes(x=couleur_viande))
gcouleurviande<-gcouleurviande+geom_bar(position=position_dodge(),fill=brewer.pal(n=3,name="RdPu"))+theme_bw()+xlab("Couleur de carcasse")+ylab("Effectif")+ggtitle("Distribution des notes de couleur de carcasse chez les veaux blancs")+annotate("text",x= 1, y= 20, label = "11 (6 %)")+annotate("text",x=2,y= 170, label = "163 (88,1 %)")+annotate("text",x=3,y=20,label="11 (6 %)")
gcouleurviande
```

Distribution des scores pulmonaires

Effectifs et pourcentage et paramètres statistiques

Effectifs et pourcentage de chaque score pulmonaire

```
summary(d$score_du_poumon) # donne Les paramètres statistiques
```

```
(effectifsscorepoumon<-table(d$score_du_poumon))# donne Les effectifs de chaque score pulmonaire
```

```
(prop.table(effectifsscorepoumon))# donne Les pourcentages
```

Effectifs et pourcentage de chaque classe

```
(effectifsscorequal<-table(d$scorequal))# donne Les effectifs de chaque catégorie
```

```
(prop.table(effectifsscorequal))# pour avoir Les pourcentages
```

Représentation graphique

```
gscore<-ggplot(data=d, mapping=aes(x=score_du_poumon,fill=scorequal))# fill = scorequal permet de colorer Les classes de score pulmonaire
gscore<-gscore+geom_bar(position=position_dodge()+theme_bw()+xlab("Score pulmonaire")+ylab("Effectif")+ggtitle("Distribution du score pulmonaire")+scale_fill_manual(values = couleursclassespulm,name = "Classe de score pulmonaire", labels = c("Classe 0 : Atteinte nulle ou légère", "Classe 1 : Atteinte modérée", "Classe 2 : Atteinte sévère", "Classe 3 : Atteinte très sévère"))+annotate("text",x= 4, y= 150, label = "424 (75,0 %)", col = couleursclassespulm[1], size = 4.5)+annotate("text",x= 6,y= 50, label = "92 (16 %)", col = couleursclassespulm[2], size = 4.5)+annotate("text",x=8,y=22,label="25 (4 %)", col = couleursclassespulm[3], size = 4.5)+annotate("text",x=15,y= 15, label="24 (4 %)", col = couleursclassespulm[4], size = 4.5) # scale_fill_manual permet de remplir Les couleurs pour chaque classe de score pulmonaire, theme_bw permet d'avoir Le fond blanc
gscore
```

Corrélation entre le score pulmonaire et les données technico-économiques des carcasses

Corrélation score pulmonaire et état d'engraissement

Représentation distribution du score pulmonaire en fonction de la note d'état d'engraissement

```
stripchart(score_du_poumon~etat_d_engraissement, data=d, vertical=TRUE, method="stack", offset=0.02, ylab="Score du poumon", main="Score pulmonaire en fonction de l'état d'engraissement", xlab="Notes d'état d'engraissement")
abline(h=2, col=couleursclassespulm[1], lty = 2, lwd = 1)
abline(h=5, col=couleursclassespulm[2], lty = 2, lwd = 1)
abline(h=8, col=couleursclassespulm[3], lty = 2, lwd = 1)
legend("topright", legend=c("Limite classe pulmonaire 0", "Limite classe pulmonaire 1", "Limite classe pulmonaire 2"), lty=2, col =couleursclassespulm, cex = 0.9)
```

Résumés statistiques de score pulmonaire en fonction de l'état d'engraissement

Création de la table de contingence

```
tee<-table(d$etat_d_engraissement,d$score_du_poumon) # construit la table de contingence score pulmonaire et état d'engraissement, avec ee= état d'engraissement
teescorequal<-table(d$etat_d_engraissement,d$scorequal)
```

Résumés statistiques

```
(addmargins(tee))#pour ajouter Les effectifs totaux à la table de contingence
```

```
(tapply(d$score_du_poumon,d$etat_d_engraissement, FUN=summary))# permet d'obtenir Les paramètres de score pulmonaire en fonction de la note d'état d'engraissement
```

```
(prop.table(teescorequal))#pour obtenir Les pourcentages de chaque classe pulmonaire par note d'état d'engraissement
```

Test du khi deux et simulations de Monte Carlo

```
(chideux<-chisq.test(teescorequal)) #réalisation du test du khi deux de Pearson sur la table de contingence état d'engraissement - classe pulmonaire
```

```
(chideux$expected) # Permet d'obtenir Les effectifs théoriques, dont certains sont inférieurs à 5
```

```
# Réalisation de répétitions de Monte Carlo
```

```
(chisq.test(teescorequal, simulate.p.value = TRUE))
```

```
(chisq.test(teescorequal, simulate.p.value = TRUE))
```

```
(chisq.test(teescorequal, simulate.p.value = TRUE))
(chisq.test(teescorequal, simulate.p.value = TRUE))
(chisq.test(teescorequal, simulate.p.value = TRUE))
```

Corrélation score pulmonaire et conformation musculaire

Représentation distribution du score pulmonaire en fonction de la note de conformation musculaire

```
d$conformation_musculaire_EUROP<-factor(d$conformation_musculaire_EUROP,levels=c("U","R","O","P")) #pour enlever Le E qui n'a jamais été attribué à une des carcasses.
stripchart(score_du_poumon~conformation_musculaire_EUROP, data=d,vertical=TRUE,method="stack",offset=0.05,ylab="Score du poumon",main="Score pulmonaire en fonction de la conformation musculaire",xlab="Note de conformation musculaire EUROP")
#abline(h=2,col="red")
abline(h=2, col=couleursclassepulm[1], lty = 2, lwd =1)
abline(h=5, col=couleursclassepulm[2], lty = 2, lwd =1)
abline(h=8, col=couleursclassepulm[3], lty = 2, lwd =1)
legend("topleft",legend=c("Limite classe pulmonaire 0","Limite classe pulmonaire 1","Limite classe pulmonaire 2"),lty=2, col =couleursclassepulm,cex = 1)
```

Résumés statistiques de score pulmonaire en fonction de conformation musculaire

Création de la table de contingence

```
tcm<-table(d$conformation_musculaire_EUROP,d$score_du_poumon)# construit La table de contingence score pulmonaire et conformation musculaire, avec cm= conformation musculaire
tcmscorequal<-table(d$conformation_musculaire_EUROP,d$scorequal)# construit La table de contingence classe pulmonaire et conformation musculaire, avec cm= conformation musculaire
```

Résumés statistiques

```
(addmargins(tcm))#pour ajouter Les effectifs totaux à la table de contingence
(tapply(d$score_du_poumon,d$conformation_musculaire_EUROP, FUN=summary))# permet d'obtenir Les paramètres de score pulmonaire en fonction de la note de conformation musculaire
(tcmpourcent<-prop.table(tcmscorequal)) #pour obtenir Les pourcentages de chaque classe pulmonaire par note de conformation musculaire
```

Test du khi deux et simulations de Monte Carlo

```
(chideuxcm<-chisq.test(tcmscorequal))#réalisation du test du khi deux de Pearson sur la table de contingence conformation musculaire - classe pulmonaire
```

```
(chideuxcm$expected)# Permet d'obtenir Les effectifs théoriques, dont certains sont inférieurs à 5

# Réalisation de répétitions de Monte Carlo
(chisq.test(tcmscorequal, simulate.p.value = TRUE))
```

Corrélation score pulmonaire et couleur de carcasse chez les veaux blancs

Représentation distribution du score pulmonaire en fonction de la note de couleur de carcasse chez les veaux blancs

```
stripchart(score_du_poumon~couleur_viande, data=dVB, vertical=TRUE, method="stack", offset=0.05, ylab="Score du poumon", xlab="Note de couleur de carcasse", main="Score pulmonaire en fonction de la couleur de carcasse, chez les veaux blancs", cex.main = 1)
abline(h=2, col=couleursclassespulm[1], lty = 2, lwd =1)
abline(h=5, col=couleursclassespulm[2], lty = 2, lwd =1)
abline(h=8, col=couleursclassespulm[3], lty = 2, lwd =1)
legend("topright", legend=c("Limite classe pulmonaire 0", "Limite classe pulmonaire 1", "Limite classe pulmonaire 2"), lty=2, col =couleursclassespulm, cex = 1)
```

Résumés statistiques de score pulmonaire en fonction de la couleur de carcasse

Création de la table de contingence

```
tcc<-table(dVB$couleur_viande,dVB$score_du_poumon)# construit la table de contingence score pulmonaire et couleur de viande chez les veaux blancs, avec cc= couleur carcasse
tccscorequal<-table(dVB$couleur_viande,dVB$scorequal)# construit la table de contingence classe pulmonaire et couleur de viande chez les veaux blancs, avec cc= couleur carcasse
```

Résumés statistiques

```
(addmargins(tcc))#pour ajouter Les effectifs totaux à la table de contingence
(tapply(dVB$score_du_poumon,dVB$couleur_viande, FUN=summary))# permet d'obtenir Les paramètres de score pulmonaire en fonction de la note de couleur de carcasse chez Les veaux blancs
(prop.table(tccscorequal)) #pour avoir Les pourcentages de chaque classe pulmonaire par note de couleur de carcasse chez Les veaux blancs
```

Test du khi deux et simulations de Monte Carlo

```
(chideuxcc<-chisq.test(tccscorequal)) #réalisation du test du khi deux de Pearson sur la table de contingence couleur de carcasse - classe pulmonaire  
(chideuxcc$expected) # Permet d'obtenir les effectifs théoriques, dont certains sont inférieurs à 5  
  
# Réalisation de répétitions de Monte Carlo  
(chisq.test(tccscorequal, simulate.p.value = TRUE))  
(chisq.test(tccscorequal, simulate.p.value = TRUE))  
(chisq.test(tccscorequal, simulate.p.value = TRUE))  
(chisq.test(tccscorequal, simulate.p.value = TRUE))  
(chisq.test(tccscorequal, simulate.p.value = TRUE))
```

Corrélation score pulmonaire et consommation individuelle d'antibiotiques

Création du sous jeu de données ne contenant que l'élevage dont on a les données

```
dAB<-subset(d,elevage=="G*") #Création du tableau de données avec que l'élevage G.
```

Représentation graphique

Du nombre de traitements antibiotiques reçus en fonction du score pulmonaire

```
stripchart(score_du_poumon ~ nombre_traitements_AB, data=dAB, vertical=TRUE, method="stack", offset=0.05, ylab="Score du poumon", xlab = "Nombre de traitements antibiotiques différents reçus", main="Score pulmonaire en fonction du nombre de traitements antibiotiques différents reçus", cex.main=1)#création du graphique à bandes, cex.main = taille de police du titre  
abline(h=2, col=couleursclassepulm[1], lty = 2, lwd =1)  
abline(h=5, col=couleursclassepulm[2], lty = 2, lwd =1)  
abline(h=8, col=couleursclassepulm[3], lty = 2, lwd =1)  
legend("topright", legend=c("Limite classe pulmonaire 0", "Limite classe pulmonaire 1", "Limite classe pulmonaire 2"), lty=2, col =couleursclassepulm, cex = 1)
```

Du nombre de jour de traitement antibiotique reçus en fonction du score pulmonaire

```
stripchart(score_du_poumon~nombre_jour_traitement_AB, data=dAB, vertical=TRUE, method="stack", offset=0.05, ylab="Score du poumon", xlab = "Nombre de jours de traitement antibiotique", main="Score pulmonaire en fonction du nombre de jour de traitement antibiotique à visée respiratoire", cex.main=0.8)#création du graphique à bandes, cex.main = taille de police du titre  
abline(h=2, col=couleursclassepulm[1], lty = 2, lwd =1)  
abline(h=5, col=couleursclassepulm[2], lty = 2, lwd =1)  
abline(h=8, col=couleursclassepulm[3], lty = 2, lwd =1)  
legend("topright", legend=c("Limite classe pulmonaire 0", "Limite classe pulmonaire 1", "Limite classe pulmonaire 2"), lty=2, col =couleursclassepulm, cex = 0.7)
```

Création de classes de temps pour plus de lisibilité

```
dAB$nombre_jour_traitement_AB_classes<-cut(dAB$nombre_jour_traitement_AB,br
eaks=c(0,1,5,10,15,20),include.lowest = TRUE,label = c("5 jours","6-10 jour
s","11-15 jours","16-20 jours","21-25 jours"))#formation de classes

stripchart(score_du_poumon~nombre_jour_traitement_AB_classes, data=dAB,vert
ical=TRUE,method="stack",offset=0.07,ylab="Score du poumon",xlab = "Nombre
de jours de traitement",main="Score pulmonaire en fonction du nombre de jou
r de traitement antibiotique à visée respiratoire",cex.main=0.8, )#création
du graphique à bandes, cex.main = taille de police du titre
abline(h=2, col=couleursclassespulm[1], lty = 2, lwd =1)
abline(h=5, col=couleursclassespulm[2], lty = 2, lwd =1)
abline(h=8, col=couleursclassespulm[3], lty = 2, lwd =1)
legend("topright",legend=c("Limite classe pulmonaire 0","Limite classe pulm
onaire 1","Limite classe pulmonaire 2"),lty=2, col =couleursclassespulm,cex
= 1)
```

Résumés statistiques de score pulmonaire en fonction de la consommation individuelle d'antibiotiques

Création de la table de contingence

```
tntab<-table(dAB$score_du_poumon,dAB$nombre_traitements_AB) # création tabl
e de contingence avec ntab = nombre de traitements antibiotiques différents

tnjab<-table(dAB$score_du_poumon,dAB$nombre_jour_traitement_AB_classes) # c
réation table de contingence avec njab = nombre de jours de traitement anti
biotique
```

Résumés statistiques

```
(addmargins(tntab))#pour ajouter Les effectifs totaux à La table de conting
ence

(tapply(dAB$score_du_poumon,dAB$nombre_traitements_AB, FUN=summary))# perme
t d'obtenir Les paramètres de score pulmonaire en fonction du nombre de tra
itements antibiotiques différents reçus

(prop.table(tntab)) #pour avoir Les pourcentages de chaque score pulmonaire
en fonction du nombre de traitements antibiotiques différents reçus

(addmargins(tnjab))#pour ajouter Les effectifs totaux à La table de conting
ence

(tapply(dAB$score_du_poumon,dAB$nombre_jour_traitement_AB_classes, FUN=summ
ary))# permet d'obtenir Les paramètres de score pulmonaire en fonction du n
ombre de jours de traitement antibiotique

(prop.table(tnjab))#pour avoir Les pourcentages de chaque score pulmonaire
en fonction du nombre de jours de traitement antibiotique
```

Annexe 5: Résumés statistiques du score pulmonaire en fonction des élevages

Elevage	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3 ^{ème} quartile	Maximum
A	0	0	0	1,26	2	17
B	0	0	1	1,84	2	19
C*	0	0	0	1	2,25	3
D	0	0	0	0,77	1	5
E	0	0	1	2,42	3	14
F	0	0	1	1,33	2	3
G*	0	0	0	0,85	1	8
H	0	0	0	1,19	2	7
I	0	0	0	1,67	2	16
J	0	0	0	0,8	1	3
K	0	1	3,5	4,1	6	16
L*	0	0	1	2,54	3	22
M*	0	0	1	1,67	2	10

* Elevages des veaux blancs

Annexe 6 : Résumés statistiques des notes d'état d'engraissement en fonction des élevages

Elevage	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3 ^{ème} quartile	Maximum
A	2	3	3	2,91	3	3
B	2	3	3	2,98	3	3
C*	3	3	3	3	3	3
D	1	3	3	2,85	3	3
E	1	3	3	2,88	3	3
F	2	2,5	3	2,67	3	3
G*	2	3	3	2,97	3	3
H	2	3	3	2,95	3	3
I	2	3	3	2,97	3	3
J	2	2	2	2	2	2
K	2	3	3	2,95	3	3
L*	1	3	3	2,94	3	3
M*	2	3	3	2,90	3	3

* Elevages des veaux blancs

Annexe 7 : Résumés statistiques des notes de conformation musculaire en fonction des élevages

Elevage	Minimum	1^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3^{ème} quartile	Maximum
A	2	3	3	3,14	3	5
B	3	4	4	4,47	5	5
C*	4	4	4,5	5	5	5
D	2	3	3	3,19	3	5
E	3	3	4	3,79	4	5
F	4	4	4	4	4	4
G*	2	4	4	4,03	4,75	5
H	4	4	4	4,27	5	5
I	3	4	4	4,07	4	5
J	3	3	4	4	5	5
K	3	4	4	4,36	5	5
L*	2	4	4	4,14	5	5
M*	2	4	4	4,31	5	5

*Elevages des veaux blancs

Annexe 8 : Résumés statistiques des notes de couleur de carcasse en fonction des élevages

Elevage	Minimum	1^{er} quartile	Médiane	Moyenne	3^{ème} quartile	Maximum
A	1	2	3	2,14	2	3
B	3	4	4	3,94	4	4
C*	2	2	2	2,25	2,25	3
D	2	2	2	2,15	2	3
E	2	2	2	2,40	3	3
F	2	2	2	2,33	2,5	3
G*	1	2	2	2,03	2	3
H	3	4	4	3,97	4	4
I	3	4	4	3,95	4	4
J	3	4	4	3,8	4	4
K	3	4	4	3,91	4	4
L*	1	2	2	1,95	2	3
M*	1	2	2	1,98	2	3

*Elevages des veaux blancs

ÉTABLISSEMENT D'UNE GRILLE DE NOTATION DE LÉSIONS PULMONAIRES À L'ABATTOIR POUR LE SUIVI DES MALADIES RESPIRATOIRES DES VEAUX DE BOUCHERIE : INTÉRÊT TECHNICO-ÉCONOMIQUE ET SANITAIRE

Auteur

GARDAVAUD Alice

Résumé

Les veaux de boucheries sont très sujets aux maladies respiratoires. L'objectif de cette étude était de créer une grille de notation pulmonaire à l'abattoir, de vérifier son utilisation par plusieurs personnes différentes et d'étudier les corrélations entre le score pulmonaire et les données technico-économiques de carcasse associées. Un score pulmonaire de 0 correspond à un poumon sain, un score pulmonaire de 24 correspond à un poumon complètement atteint. À l'échelle d'un lot, le score pulmonaire permet d'apporter une information supplémentaire aux données technico-économiques. À l'échelle individuelle, un poumon appartenant à une classe pulmonaire de 0 n'est pas corrélé à une carcasse de bonne ou mauvaise qualité, au contraire du lien entre score pulmonaire élevé et carcasse moyenne. La couleur de la carcasse n'est pas corrélée à la classe pulmonaire. Le score pulmonaire apporte des informations supplémentaires à celles des données technico-économiques des carcasses. L'utilisation d'une grille pulmonaire pourrait être utile dans le cadre du suivi d'une mesure de gestion des maladies respiratoire entre plusieurs lots et au niveau individuel, en complément des données technico-économiques.

Mots-clés

Veaux de boucherie, maladie respiratoire, lésion, données technico-économiques, poumons, grille, suivi

Jury

Président du jury : Pr **JANIER Marc**

1er assesseur : Pr **ARCANGIOLI Marie-Anne**

2ème assesseur : Pr **DELIGNETTE-MULLER Marie-Laure**

Membre invité : Dr **HAURAY Karine**