

**VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2018 - Thèse n°099

***MYCOPLASMA BOVIS CHEZ LES VEAUX EN LOTS. ETUDE
DE L'IMPACT SANITAIRE EN FONCTION DE LA TAILLE DU
LOT ET DU MODE D'ALLAITEMENT.***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 5 décembre 2018
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

D'HARCOURT Hélène



**VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2018 - Thèse n°099

***MYCOPLASMA BOVIS CHEZ LES VEAUX EN LOTS. ETUDE
DE L'IMPACT SANITAIRE EN FONCTION DE LA TAILLE DU
LOT ET DU MODE D'ALLAITEMENT.***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 5 décembre 2018
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

D'HARCOURT Hélène



Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (1er mars 2018)

Nom	Prénom	Département	Grade
ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
CAROZZO	Claude	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DEMONT	Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Stagiaire
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
JANKOWIAK	Bernard	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Contractuel
JAUSSAUD	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
JEANNIN	Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Inspecteur en santé publique vétérinaire (ISPV)
JOSSON-SCHRAMME	Anne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences Contractuel
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDOUX	Dorothée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Stagiaire
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences Stagiaire
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MATEOS	Stevana	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
RIVES	Germain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Contractuel
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SABATIER	Philippe	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGEANT	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
THOMAS-CANCIAN	Aurélié	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur

Remerciements

A Monsieur le professeur Jean-François MORNEX,

De l'Université Claude Bernard, faculté de médecine de Lyon

Pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse,

Pour votre disponibilité,

Veillez trouver ici l'expression de ma respectueuse reconnaissance.

A Madame le Professeur Marie-Anne ARCANGIOLI,

De VetAgro Sup, campus vétérinaire de Lyon

Pour m'avoir encadrée tout au long de ce travail,

Pour votre patience, votre aide et le temps que vous m'avez accordé,

Mes remerciements les plus sincères.

A Madame le Professeur Emmanuelle Gilot-Fromont

De VetAgro Sup, campus vétérinaire de Lyon

Pour avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse

Pour votre aide et vos conseils.

Mes remerciements les plus sincères.

Table des matières

Table des annexes	13
Table des figures.....	15
Table des tableaux.....	17
Liste des abréviations	19
Introduction.....	21
Partie 1 : Etude bibliographique.....	23
I- Elevage de veaux de boucherie et problèmes sanitaires.....	23
1) Système d'élevage et filière intégrée.....	23
a) La mise en lot et la production des veaux	23
b) Le marché du veau	24
c) Intégration de la filière.....	25
2) Une alimentation essentiellement lactée et différents modes de distribution	26
a) Physiologie digestive du sevrage	27
b) Les différents aliments.....	28
c) Les modes de distribution d'aliments.....	29
i) L'alimentation au seau	29
ii) Alimentation au DAL.....	30
3) Bien-être et logement	30
a) Des paramètres à maîtriser.....	30
b) La directive bien-être	31
c) Les différents modes de logements (4)	32
4) Les principales affections	33
a) Généralités, morbidité et mortalité en élevage de veaux de boucherie.....	34
b) Les différentes affections.....	34
i) Différentes incidences d'affections.....	34
ii) Les troubles digestifs	35
iii) Les troubles respiratoires	36
c) Modalités de traitement en élevage de veaux de boucherie.....	37
i) Traitements collectifs.....	37
ii) Traitements individuels	39
iii) L'usage d'antibiotiques et ses conséquences.....	39

d)	Modalité vaccinale	40
II-	<i>M. bovis</i> dans les affections respiratoires en élevage de veaux de boucherie.....	43
1)	Le syndrome BPIE, les pathogènes impliqués.....	43
a)	Les virus.....	43
i)	Mode d'action des virus	43
ii)	Les virus impliqués.....	44
b)	Les bactéries.....	45
i)	Epidémiologie et mode d'action des pasteurellaceae	45
ii)	Les bactéries fréquemment impliquées.	45
2)	Les Mycoplasmes : <i>Mycoplasma bovis</i>	47
a)	Généralités sur <i>Mycoplasma bovis</i>	47
i)	Importance de <i>M. bovis</i>	47
ii)	Particularités de <i>M. bovis</i>	48
b)	Pouvoir pathogène des mycoplasmes	48
i)	Mode d'action	48
ii)	Diagnostic	49
c)	Traitement et prophylaxie des infections respiratoires à <i>M. bovis</i>	50
i)	Traitement antibiotique	50
ii)	La vaccination	51
3)	Les différents facteurs de risques impliqués dans les BPIE	51
a)	Facteurs de risques intrinsèques, prédisposant	52
i)	L'appareil respiratoire des bovins	52
ii)	L'immunité.....	53
iii)	Autres facteurs individuels	53
b)	Facteurs de risques extrinsèques.....	54
i)	Les facteurs de stress ; facteurs déclenchants.....	54
ii)	Les facteurs environnementaux favorisant l'infection.....	55
iii)	Facteurs liés aux modes d'élevages favorisant l'infection	56
	Partie 2 : Etude expérimentale.....	59
I-	Introduction.....	59
II-	Matériels et méthode	61
1)	Populations étudiées.....	61
2)	Prélèvements sérologiques et analyses des prélèvements	62

a)	Animaux prélevés.....	62
b)	Période et mode de prélèvement.....	62
c)	Analyse des sérums et interprétation.....	62
3)	Données de suivi	63
a)	Informations sur l'élevage	63
b)	Recueil des données thérapeutiques et analyse	63
4)	Analyse des données.....	64
III-	Résultats.....	66
1)	Analyse de la population	66
2)	Données collectées	67
3)	Séroconversion.....	68
4)	Facteurs de risque	69
5)	Facteurs de risque de l'utilisation d'antibiotiques.....	73
IV-	Discussion.....	80
1)	Remarque générale sur la méthodologie et l'échantillonnage.....	80
2)	Discussion sur la présence de <i>M. bovis</i>	81
3)	Les facteurs de risques	81
4)	Analyse de la consommation d'antibiotiques	82
V-	Conclusion de la partie expérimentale	84
	Conclusion	85
	Bibliographie	87
	Annexes	91

Table des annexes

Annexe 1 : Sensibilité des Pasteurelles	91
Annexe 2 : Fiche explicative aux éleveurs, étude de Mycoplasma bovis en élevage de veaux de boucherie.....	92
Annexe 3: Fiche d'identification de l'élevage et du 1er prélèvement	93
Annexe 4 : Carnet sanitaire	96
Annexe 5 : Synthèse des données récoltées.....	97

Table des figures

Figure 1 : Schéma de l'organisation de l'intégration en veaux de boucherie (6)	26
Figure 2 : Evolution schématique des estomacs du veau d'élevage (8)	28
Figure 3 : Alimentation au seau. Photo : institut de l'élevage (12).....	33
Figure 4 : bronchopneumonie fibrineuse pouvant être due à <i>Mannheimia haemolytica</i> , photo : anapath vetagro-sup.....	46
Figure 5: Colonies de <i>M. bovis</i> sur milieu solide, photo : Le Grand, D, Le point vétérinaire..	50
Figure 6 : Comparaison des capacités pulmonaires des bovins avec le cheval et l'homme, photo (45).....	52
Figure 7 : Schéma bilan des facteurs de risques des BPIE bilan des facteurs de risques des BPIE.....	57
Figure 8: Correspondance du nombre de veaux avec l'échelle logarithmique	65
Figure 9 : Représentation de la séroconversion au sein des élevages en fonction de leur type d'alimentation pour l'ensemble des 26 élevages.	71
Figure 10 : Représentation de la séroconversion au sein des « grands » élevages en fonction de leur type d'alimentation.	71
Figure 11 : Influence de la taille de l'élevage (en log) sur la séroconversion chez tous les élevages.....	72
Figure 12 : Influence de la taille de l'élevage (en log) sur la séroconversion chez les élevages nourris au DAL	72
Figure 13 : modélisation de l'évolution de la séroconversion en fonction de la taille de l'élevage.....	73
Figure 14 : Comparaison du nombre de traitements antibiotiques et totaux dans les élevages avec un taux de séroconversion important (>20%) « malade » ou faible « non malade ».	75
Figure 15 : consommation d'antibiotiques chez les veaux des études « boucherie » et « sevrage »	76
Figure 16 : consommation d'antibiotique en fonction du mode d'alimentation dans l'ensemble des élevages.....	76
Figure 17 : Analyse de la consommation d'antibiotique en fonction du taux de séroconversion	77
Figure 18 : consommation d'antibiotique en fonction du taux de séroconversion chez les élevages nourris au DAL.	78
Figure 19 : consommation d'antibiotiques en fonction de la taille de l'élevage dans tous les élevages.	78
Figure 20 : consommation d'antibiotiques en fonction de la taille de l'élevage dans les élevages au DAL.....	79

Table des tableaux

Tableau I : Evolution des durées d'élevage et poids de carcasse depuis 2013 en fonction de la race (3).....	24
Tableau II : GMQ théorique en fonction de la race et du mode d'alimentation (10).....	30
Tableau III : Répartition de la morbidité par maladie, (1).....	34
Tableau IV : correspondance entre le coefficient de l'échantillon et le système de crois	63
Tableau V : Nombre total d'élevages intégrés dans l'étude	66
Tableau VI : Répartition des veaux nourris au DAL selon leurs modes d'élevage	66
Tableau VII : données récoltées sur les caractéristiques de l'élevage.....	68
Tableau VIII : Taux de séroconversion observés	69
Tableau IX : Synthèse des traitements dans chaque élevage en nombre de traitement par veau	74

Liste des abréviations

AC : Anticorps
ADD : Average Daily Dose
AINS : Anti Inflammatoire Non Stéroïdien
AIS : Anti Inflammatoire Stéroïdien
AMM : Autorisation de Mise sur le Marché
ANMV : Agence National du Médicament Vétérinaire
ANSES : Agence National de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail.
ATT : Aspiration Trans-Trachéale
BHV : Bovin Herpes Virus
BPIE : Bronchopneumonie Infectieuse Enzootique
BRD : Bovin Respiratory Disease
BVD : Bovine Viral Diarrhea
CMI : Concentration Minimal Inhibitrice
CRB : Complexe Respiratoire Bovin
DAC : Distributeur Automatique de Concentré
DAL : Distributeur Automatique de Lait
DO : Densité Optique
ELISA : Enzyme Linked Immunosorbent Assay
ENP : Ecouvillon Nasal Profond
GMQ : Gain Moyen Quotidien
IBR : Rhinotrachéite Infectieuse Bovine
IPI : Infecté Persistant Immunotolérant
LBA : Lavage Broncho Alvéolaire
LPS : LypoPolySaccharides
MPM : Mouvement Par Minute
PCR : Polymérase Chain Reaction
PDD : Prescribed Daily Dose
PI : Para Influenza
PLE : Poudre de Lait Ecrémé
RSV : Respiratory Syncytial virus
RSV : Virus Respiratoire Syncytial
SD : Standard Deviation (écart type)
TI : Treatment Incidences
UDD : Used Daily Dose

Introduction

La filière veau de boucherie est intégrée avec une alimentation essentiellement lactée et des normes de logement précises. Les affections les plus importantes dans ces élevages sont les maladies respiratoires de lots, les BPIE (Broncho Pneumonie Infectieuses Enzootique) suivie par les troubles digestifs (1). Nous avons étudié les différents agents pathogènes impliqués dans le syndrome de BPIE en nous intéressant particulièrement à *M. bovis* puis leurs différents facteurs de risques.

Les BPIE sont des maladies multifactorielles qui représentent un enjeu important en élevage de veaux en lot. Plusieurs agents pathogènes sont impliqués et peuvent agir seuls ou ensembles, en association avec différents facteurs de risque. Parmi ceux-ci, il a été montré une implication importante de *Mycoplasma bovis* dans ce complexe (2). Les BPIE représentent des pertes économiques importantes pour l'éleveur de part les coûts de traitements, la perte de veaux et la diminution de productivité. L'anatomie et la physiologie de l'appareil respiratoire des bovins et en particulier des veaux en font une espèce prédisposée aux affections respiratoires d'origine infectieuse. Elles nécessitent donc une approche globale de l'élevage afin de prévenir au mieux les pathologies respiratoires et de limiter leur évolution en adoptant un traitement adéquat au sein de l'élevage pour réduire les pertes.

Pour cela il est nécessaire de déterminer l'implication des différents pathogènes et de connaître leur mode de dissémination au sein de l'élevage ainsi que les facteurs de risque qui leur sont associés.

Après un état des lieux sur le fonctionnement de l'élevage de veaux de boucherie, et l'implication de *M. bovis* dans les maladies respiratoires au sein de ces élevages, nous avons étudié de manière expérimentale l'impact sanitaire de *M. bovis* sur les veaux en lots.

Notre étude s'est intéressée à des élevages de veaux en lots en France. Nous avons analysé, la taille du lot et les modes d'alimentation par tétines individuelles ou partagées comme facteurs de risque. Nous avons aussi évalué la consommation d'antibiotique dans ces élevages afin de définir, ce qui pouvait entraîner une augmentation de leur usage.

Nous nous sommes posé la question de la réelle implication de *M. bovis* dans les maladies respiratoires, et quelles mesures pourraient être envisagées afin de diminuer l'impact sanitaire de cet agent pathogène.

Partie 1 : Etude bibliographique

Nous nous intéresserons dans cette partie au fonctionnement des élevages de veaux en lots et en particulier des veaux de boucherie. Ces animaux sont particulièrement sensibles à de nombreuses maladies. Les affections respiratoires ont une forte prévalence dans ces élevages et sont dues à une association de facteurs prédisposants, de facteurs déclenchants et favorisants et d'agents pathogènes souvent associés. Nous verrons que leur incidence est variable et que les facteurs de risques de leur développement sont variés.

Parmi les agents infectieux responsables de ces affections respiratoires, se détache une bactérie, *Mycoplasma bovis*, particulière par sa structure et sa résistance aux antibiotiques. Elle a donc une importance non négligeable dans les élevages et nous étudierons plus précisément son implication au sein du complexe respiratoire bovin.

I- Elevage de veaux de boucherie et problèmes sanitaires

L'élevage de veaux a beaucoup évolué depuis ses débuts. C'est aujourd'hui une filière organisée, soumise à de nombreuses réglementations. Nous verrons dans un premier temps l'organisation générale de la filière. Le mode d'élevage et l'alimentation sont spécifiques et les normes de bien être qui leur sont appliquées sont de plus en plus nombreuses, principalement sur le logement. Le fonctionnement de ces élevages entraîne des affections particulières, nous étudierons celles-ci et leurs conséquences.

1) Système d'élevage et filière intégrée

L'élevage de veaux de boucherie est depuis longtemps un élevage spécialisé. C'est un élevage d'animaux provenant de multiples élevages naisseurs, intégrés au sein d'une filière.

a) La mise en lot et la production des veaux

Les veaux mâles dans la plupart des cas, ou les femelles non destinés au renouvellement du troupeau sont traditionnellement vendus entre 8 et 15 jours. Ils sont regroupés, triés et répartis dans les ateliers d'engraissement pour une durée d'élevage de 5 mois et demi en moyenne et un poids moyen de carcasse de 138Kg (3). Leur alimentation est essentiellement lactée et l'atelier fonctionne sur le principe de bandes. Les veaux sont mis en lots de façon homogène, en une seule fois pour toute la durée d'élevage. Il n'y a pas de contact entre les animaux de différentes classes d'âge. Une désinfection et un vide sanitaire sont systématiquement réalisés entre deux bandes.

Dans ces élevages industriels, la densité d'animaux est importante, il y a un regroupement important de veaux, d'origines multiples qui sont mis en lot après un transport depuis l'élevage naisseur, souvent via un centre de tri. La conséquence est le mélange d'animaux de différents statuts sanitaires, qui subissent un stress important dans une phase délicate de leur vie.

Il existe d'autres productions de veaux avec des standards différents. On trouve les « veaux sous la mère », qui sont de races allaitantes (limousin, blonde d'aquitaine ou charolais). Ils sont allaités jusqu'à 3,5 ou 5 mois pour être abattus entre 140 à 240 Kg de poids vif. Cette production représente une charge de travail importante puisqu'elle nécessite de conduire le veau à la mère deux fois par jour. Les « veaux de saint Etienne » sont de race limousine. Ils sont traditionnellement allaités jusqu'à 7-10 mois et abattus non sevrés entre 7 et 15 mois pour un poids vif allant de 280 à 350 Kg. Aujourd'hui, ce terme désigne les génisses sevrés et engraisées jusqu'à 12-13 mois. Le « veau d'Aveyron » est une production du sud-ouest, ce sont majoritairement des veaux limousins abattus non sevrés entre 6 et 10 mois pour un poids vif de 320 à 380 Kg (4).

b) Le marché du veau

Récemment, suite à la crise laitière, qui a entraîné des difficultés à s'approvisionner en jeunes veaux et une augmentation du prix de l'aliment d'allaitement, les races se sont diversifiées. On observe une augmentation de la proportion des veaux croisés lait et viande, qui passe de 24.6% à 27% en 2016, résultat de l'expansion de l'utilisation des semences sexées en race laitière. Le croisement permet une meilleure valorisation des veaux grâce à une augmentation du poids des carcasses et compense la baisse du nombre de veaux abattus. En revanche, la proportion des veaux de race laitière et allaitante pure diminue (3). Pour les mêmes raisons (valorisation et baisse de nombre de veaux) la durée d'engraissement tend également à augmenter de manière constante depuis plusieurs années (tableau I). Le poids moyen de carcasse essentiellement dû aux veaux croisés et allaitants a ainsi augmenté de 12% en 15 ans.

Tableau I : Evolution des durées d'élevage et poids de carcasse depuis 2013 en fonction de la race (3).

Date	2013		2016	
Race	Holstein	Croisés	Holstein	Croisés
Durée d'élevage (jours)	161	153	166	157
Poids carcasse (Kg)	133	144	138	149

La filière veaux de boucherie valorise environ 30% des veaux laitiers. C'est un débouché non négligeable pour les éleveurs de bovins laitiers qui cherchent à mieux valoriser leurs veaux.

La France est le deuxième pays européen producteur de veaux derrière les Pays-Bas, et le premier pays européen consommateur. En 2016, la viande de veau représentait 13% de la viande bovine française (5). La majorité des élevages est située dans le grand ouest, principale zone de naissance des veaux laitiers. Les nouvelles attentes des consommateurs ont entraîné une modification des systèmes d'élevage et de la réglementation. Elle a vu apparaître les notions de bien être, spécifique aux veaux de boucherie et a induit une plus grande transparence sur les pratiques d'élevage (6).

c) Intégration de la filière

La particularité de la filière veau de boucherie est son intégration. 90% des veaux produits en France sont engraisés dans des élevages sous contrat d'intégration (6). L'intégrateur fournit les veaux, (figure1) et décide donc de la date de mise en place d'un lot en fonction de l'offre et de la demande. Il fournit l'aliment, les produits divers nécessaires à l'élevage, et les suivis sanitaires et techniques. L'éleveur fournit uniquement le bâtiment et son travail au sein de l'élevage, ce qui lui assure une rémunération fixe par veau engraisé. C'est l'entreprise intégratrice (souvent les fabricants d'aliments ou les abatteurs) qui supporte la plus grande partie du risque économique. En aval, cela permet aux sociétés d'abattage d'avoir des produits conformes au cahier des charges, et de garantir l'approvisionnement de l'abattoir. Le vétérinaire travaille donc avec le technicien de l'intégration qui est présent la plupart du temps lors des visites.

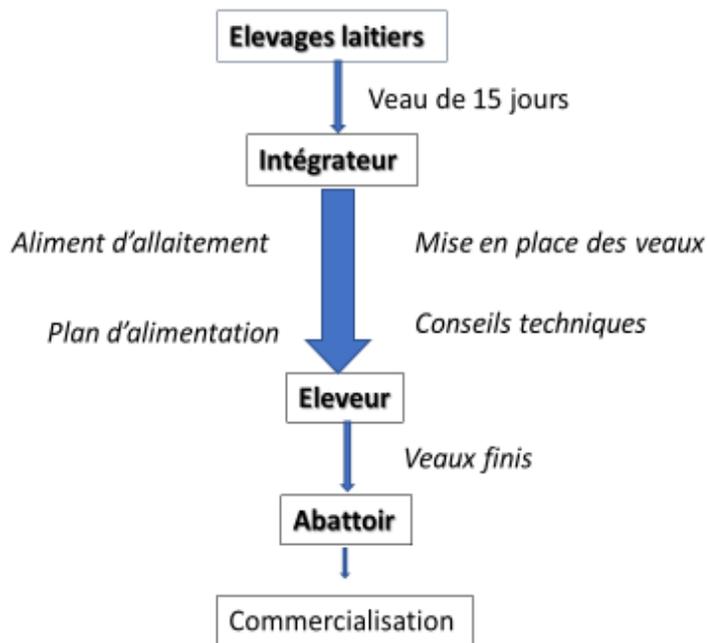


Figure 1 : Schéma de l'organisation de l'intégration en veaux de boucherie (6)

Une enquête réalisée sur le travail des éleveurs de veaux de boucherie révèle que le temps de travail moyen pour un élevage de 200 veaux est supérieur ou égal à 35h par semaine avec beaucoup d'écart selon les élevages. 8% des éleveurs estiment leur temps de travail hebdomadaire entre 17 et 25 heures, 33% l'estime supérieur à 40 heures. Ce temps est évalué en prenant en compte le travail d'astreinte quotidien (soins aux veaux et alimentation en majorité) qui représente entre 4h16 et 5h19 de travail par jour et les tâches ponctuelles (nettoyage, mise en lots, suivi administratif, tonte des veaux par exemple) qui représente en moyenne 45 minutes par jour. Les différentes périodes de l'engraissement nécessitent plus ou moins de travail, la période d'adaptation des veaux au démarrage nécessite environ 1heure de travail en plus par jour (7).

2) Une alimentation essentiellement lactée et différents modes de distribution

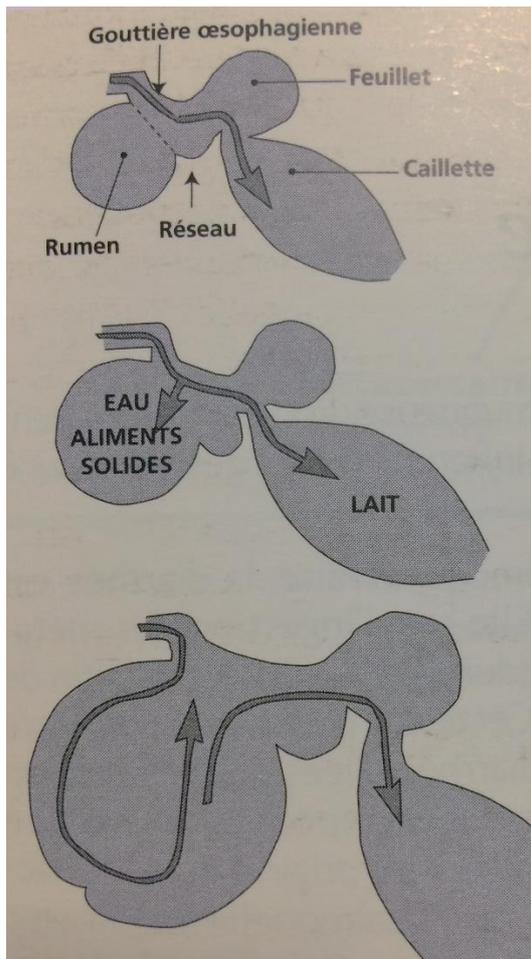
La production intégrée de veaux s'est développée comme sous-produit de la production de lait. C'est donc son alimentation principale, à l'origine des caractéristiques de sa viande. Les modes de distribution sont multiples avec différentes conséquences sanitaires, liées aussi à la physiologie de l'animal, transitoire entre le monogastrique et le polygastrique.

a) Physiologie digestive du sevrage

A son arrivée dans l'élevage, le jeune veau a des besoins alimentaires particuliers qui vont évoluer lorsqu'il va grandir. Comme pour beaucoup de productions, le pôle alimentation de l'élevage représente 50 à 60 % du coût de production (3). La préparation, la distribution et la surveillance de l'alimentation représentent aussi près de 80% du temps de travail (7).

Le veau est un pré-ruminant, son alimentation doit donc respecter ces particularités digestives. De la naissance à environ 3 mois d'âge, l'appareil digestif du veau va évoluer. A la naissance, seule la caillette fonctionne, c'est un monogastrique. Cet unique estomac fonctionnel occupe environ 60% du volume total du secteur gastrique. Le lait passe de l'œsophage à la caillette par la gouttière œsophagienne, les autres estomacs (rumen, réseau, et feuillet) sont au repos (figure 2). Lors d'ajout d'aliments solides, ceux-ci vont passer dans le rumen et stimuler le développement de cet organe et sa « mise en route » (8).

Les veaux de boucherie sont nourris et engraisés de manière à obtenir une viande de couleur claire. L'alimentation lactée entraîne une carence en fer naturelle, le veau doit alors recycler ses réserves d'hémoglobine et de myoglobine ce qui maintient la couleur blanche de la viande de veau, recherchée par les consommateurs. Le taux d'hémoglobine est contrôlé pour ne pas descendre trop. La norme est fixée à 4.5 mmol d'hémoglobine par litre de sang par lot (9), et les veaux reçoivent du fer en cas d'anémie trop importante.



Veau nouveau-né : le lait passe directement dans la caillette

Veau qui commence à consommer des aliments solides

Veau sevré

Figure 2 : Evolution schématique des estomacs du veau d'élevage (8)

b) Les différents aliments

L'aliment d'allaitement est un aliment industriel complet sous forme de poudre, qui une fois diluée avec de l'eau, permet de remplacer le lait. Les aliments doivent répondre aux besoins du veau, assurer une bonne croissance avec un GMQ moyen attendu et s'adapter aux modifications physiologiques de l'état pré-ruminant. La poudre de lait écrémé (PLE) qui contient de la caséine est la principale source de protéine. Elle peut être remplacée par d'autres sources protéiques telles que le lactosérum qui est moins cher mais qui a une moins bonne digestibilité (4). La part de PLE au sein des aliments a progressivement diminué pour atténuer son prix qui s'est élevé avec l'évolution des quotas. Les formules sont équilibrées selon les divers besoins du veau en glucides, lipides, minéraux, et vitamines. Les aliments sont aussi adaptés à l'âge. On trouve des aliments de démarrage ou de finition en fonction du stade d'engraissement. Parfois, l'atelier de veaux est accolé à un élevage de vaches laitières, l'aliment d'allaitement provient alors directement du tank des vaches laitières.

La quantité d'aliment est distribuée *ad libitum* ou est contrôlée selon l'âge du veau. La quantité doit être augmentée progressivement afin de suivre et respecter le développement

de la caillette. Pour un plan d'allaitement avec 2 repas par jour, on pourra avoir un volume de buvée par repas de 2,5 Litres la première semaine qui augmentera progressivement pour atteindre 8.5 litres par buvée (257Kg d'aliment d'allaitement en tout pour un système DAL/paille) (10). La distribution de l'aliment d'allaitement se fait 2 à 4 fois par jour par l'éleveur ou bien en continu grâce à un DAL (Distributeur Automatique de Lait). C'est en fait la concentration en poudre qui est importante car celle-ci va varier, pour s'adapter au volume de la caillette et aux besoins du veau pour sa croissance. La distribution doit se faire au minimum à 42 °C et la préparation dans une cuve en inox facilement nettoyable (4).

Depuis 1998, pour donner suite à la directive européenne « bien-être », 97/2/CE, l'aliment lacté doit être complété par un aliment fibreux (250g pour un veau de 20 semaines), ce qui respecte mieux la physiologie et le développement du rumen. Il s'agit généralement d'un mélange de paille et de céréales. L'aliment fibreux permet d'augmenter le temps passé à manger et mastiquer et diminue ainsi les activités de léchage des veaux entre eux. Il permet aussi une meilleure digestion de l'aliment d'allaitement. Cependant la teneur en fer de ces aliments peut constituer une limite car elle favorise la couleur rosé de la viande (9).

c) Les modes de distribution d'aliments

On connaît deux grands types de distribution : au seau ou bol sans tétine, ou avec une tétine par Distributeur Automatique de Lait (DAL) ou louve.

i) L'alimentation au seau

Chaque veau boit dans un seau ou un bol individuel qui peut être lavé après la buvée. Il boit 2 ou 3 fois par jours à heures fixes. Le lait est préparé dans un grand bac mélangeur dans lequel il est brassé quelques minutes puis ramené à la température voulue de 42°C. La distribution se fait ensuite grâce à un tuyau et un pistolet de distribution qui permet de mesurer la quantité de lait mise dans chaque seau. On peut aussi trouver, plus rarement, des distributions dans un bac, commun à tout un lot, ce qui implique une bonne homogénéisation des lots. D'un point de vue physiologique, en l'absence de succion, ce mode de distribution ne respecte pas tout à fait la buvée naturelle et peut donc entraîner des problèmes digestifs. Idéalement les seaux devraient être lavés entre chaque buvée ce qui représente un temps de travail élevé. En pratique les seaux sont lavés une à deux fois par semaines. On rencontre aussi dans quelques élevages, un système de louve (réseau de distribution amenant à plusieurs tétines individuelles) (4).

ii) *Alimentation au DAL*

L'aliment est préparé par un automate. Les veaux ont des puces d'oreille ou des colliers qui leur permettent d'être identifiés par l'ordinateur de la même façon que pour un DAC (distributeur automatique de concentré) chez une vache laitière. Chaque veau aura alors une quantité de lait et un nombre de tétées par jours définis selon son stade de croissance. Une tétine, rétractable dès que le veau a bu la totalité de la ration définie ; lui évite de « voler » la part d'aliment des veaux dominés. Les DAL possèdent en général un système de nettoyage, ce qui ne dispense pas l'éleveur d'effectuer un nettoyage manuel régulier du DAL pour une bonne hygiène. En pratique ils sont rarement mis en œuvre.

Les horaires de travail sont en moyenne équivalentes entre les deux systèmes d'alimentation mais sont moins contraignantes et plus flexibles avec un DAL. Le démarrage nécessite cependant plus de temps et de surveillance pour la période d'adaptation des veaux au DAL (en moyenne 12 heures par jours pendant les 4 jours d'adaptation pour un élevage de 150 veaux). Ce mode de distribution représente aussi un investissement important. Les performances zootechniques sont plus variables avec le DAL, il a ainsi été montré que les taux de mortalités étaient environ 2% plus élevés qu'avec une alimentation au seau. Le GMQ théorique est sensiblement plus élevé dans les systèmes DAL/paille que dans les systèmes seaux/caillebotis avec un écart de 29 à 194 g/jour selon les races (tableau II) (10).

Tableau II : GMQ théorique en fonction de la race et du mode d'alimentation (10)

	DAL/ paille	Seaux/ caillebotis
Veaux Holstein	1152g/j	1123g/j
Veaux croisés	1299g/j	1105g/j

3) Bien-être et logement

L'élevage intensif de jeunes animaux implique un logement particulier dont les différents paramètres sont à maîtriser par l'éleveur. De nouvelles réglementations concernant le bien-être animal obligent des changements de normes concernant le logement des veaux.

a) *Des paramètres à maîtriser*

Le veau de boucherie est un animal très sensible sur le plan sanitaire. Il arrive dans un nouvel environnement avec de nouveaux congénères d'origines, donc de statuts sanitaires

divers, après un transport qui peut durer plusieurs jours. Ces facteurs constituent un stress important pour les animaux.

De plus, ils arrivent à un âge où leur immunité les rend fragiles, car à la naissance, elle est conférée par le colostrum maternel. Elle s'est donc abaissée depuis la naissance, et il leur faut du temps pour fabriquer leurs anticorps. Ils se trouvent dans la période de « trou immunitaire » durant laquelle ils commencent tout juste à fabriquer leurs propres anticorps. Le risque sanitaire est augmenté car le tri et la mise en lot entraînent un mélange de plusieurs pathogènes inconnus pour le système immunitaire des veaux.

Maitriser à la fois les paramètres d'adaptation du veau dans son nouvel environnement pour réduire le stress, et les paramètres d'ambiance du bâtiment pour limiter la pression infectieuse, devrait permettre de diminuer la prévalence des principales affections.

Afin de limiter le stress, certains paramètres sont à contrôler. La densité animale dans les lots doit permettre une expression des comportements, essentielle des veaux comme se déplacer, manger ou se reposer. Une trop forte densité peut exacerber les perturbations sociales comme la compétition alimentaire, et accroître le stress. De la même façon, il faut constituer des lots homogènes pour limiter la dominance entre les veaux. Il est aussi important d'avoir un nombre de places à l'auge suffisante (4).

Outre la densité d'animaux, les paramètres à surveiller pour diminuer la densité des pathogènes dans l'élevage sont principalement des paramètres d'ambiance du bâtiment tels que l'humidité relative, la vitesse de l'air et la concentration en ammoniac. A moins de 1 mois d'âge, l'optimum de température se situe entre 5 et 25°C. Les veaux sont beaucoup plus sensibles aux variations de températures que les adultes. Leur poil constitue cependant un bon isolant mais il doit pour cela être sec, l'humidité doit alors être maîtrisée. Les veaux peuvent aussi être tondus afin d'éviter les pertes de chaleur par le poil humide. La vitesse d'air doit être inférieure à 0.25m/s et l'entrée d'air se fait sur les grands pans. Le volume d'air doit être supérieur à 10m³ par veau, sans être trop élevé car alors le froid peut s'accroître. Les bâtiments sont généralement pourvus de ventilateurs afin de maîtriser et d'éviter les variations trop importantes de ces paramètres. La puissance d'extraction doit être de l'ordre de 250 m³/h/veau au maximum en été (11).

La diminution des pathogènes passe aussi par la gestion des malades et des animaux en incubation : le bâtiment doit disposer d'une infirmerie isolée des autres logements et d'une salle pour la préparation de l'aliment qui doivent être facilement nettoyables.

b) La directive bien-être

L'élevage de veau est une des productions intensives qui a le plus été critiquée en terme de bien-être par les associations de défense des animaux. Leurs actions ont entraîné des modifications des conditions d'élevage des veaux. Les veaux de boucherie sont les 1^{ers}

concernés par les mises aux normes « bien-être ». Un des points qui a beaucoup été remis en question est l'isolement des veaux en case individuelle.

Les conditions d'élevages ont été modifiées suite aux directives de l'arrêté européen du 1^{er} janvier 1998, modifiée ensuite en 2008 par la directive 2008/119/CE, indiquant les normes minimales relatives à la protection des veaux. Depuis, les veaux ne peuvent plus être élevés en logette individuelle à plus de 8 semaines d'âge. Avant 8 semaines, les logettes doivent avoir une largeur supérieure à la hauteur du garrot du veau et les parois doivent permettre un contact visuel entre les congénères. L'attache des veaux est interdite ou limitée à la période de buvée, s'ils sont en case collective. Une alimentation fibreuse est obligatoire et les animaux doivent être inspectés et nourris au moins deux fois par jour (9).

Cela a nécessité une adaptation technique et économique de la part des éleveurs et des intégrateurs car les élevages étaient essentiellement conduits en cases individuelles sur caillebotis. Ces mises aux normes bien que coûteuses et longues (les éleveurs ont eu jusque fin 2006 pour réaliser les mises aux normes nécessaires (10)) ont permis de valoriser l'image de la filière, tout en renforçant la part des élevages en intégration. (9).

c) Les différents modes de logements (4)

Trois modes de logements sont maintenant possibles pour respecter les normes européennes. Une case collective sur caillebotis avec 2 à 5 veaux, ou des parcs collectifs sur paille ou caillebotis avec plus de 20 veaux.

Pour les premiers, l'élevage commence en général dans des baby box les 8 premières semaines. La case est séparée grâce à des barrières amovibles ce qui permet de garder les veaux individuellement les premiers jours. Cette pratique permet de limiter la succion, facilite une meilleure surveillance individuelle des veaux et limite le contact inter-individus et donc la transmission de maladies. Après 8 semaines, les baby box sont démontés et des lots d'au moins 5 veaux sont formés. Dans ce mode d'élevage, la distribution d'aliments se fait en général grâce à des seaux devant des cornadis qui permettent de bloquer les veaux lors de la buvée (seul moment où les veaux peuvent être attachés). Cela permet aussi de limiter la compétition alimentaire (figure 3). Les caillebotis sont le plus souvent en bois exotique car il a de bonnes qualités de résistance, et de confort. Il peut aussi être en inox. Il faut un minimum de 1,7m² pour un veau de moins de 220Kg de poids vif (11).



Figure 3 : Alimentation au seau. Photo : institut de l'élevage (12)

Dans les parcs de plus grande taille, les veaux sont ensemble dès le début, l'alimentation se fait grâce à un DAL, dont nous avons expliqué le fonctionnement dans la partie précédente. Dans ce type d'élevage, les lots de plus grande taille ne permettent pas une aussi bonne homogénéisation et, avec un DAL, la contention est plus compliquée. Pour les sols en caillebotis, il est conseillé d'utiliser un caillebotis en bois exotique pour l'aire de couchage pour son confort et un caillebotis en béton à proximité des DAL pour le piétinement. Pour l'aire paillée, le confort dépend de la qualité de la paille et de la fréquence de paillage qui doit être suffisante. Le sol doit être en béton avec une pente permettant une bonne évacuation des liquides. La réglementation prévoit des dimensions de 1,5 m² par veau pour un veau de moins de 150Kg, 1,7m² par veau entre 150 et 220Kg et 1,8m² par veau de plus de 220 Kg (9).

La distribution d'eau se fait grâce à des pipettes ou un abreuvoir de manière à ce que les veaux aient de l'eau à volonté.

4) Les principales affections

La mixité d'origine des veaux, le stress à l'arrivée prédisposent les veaux à certaines affections que le fonctionnement de l'élevage peut accentuer. Les taux de mortalités et de morbidités reflètent l'importance des différentes maladies. Les troubles digestifs et respiratoires occupent une place importante et les modalités de traitements sont spécifiques de l'élevage en lot. Nous verrons en particulier la place de la vaccination et l'usage des antibiotiques dans ce type d'élevage.

a) Généralités, morbidité et mortalité en élevage de veaux de boucherie

Les taux de mortalité et morbidité sont de bons indicateurs du niveau de gestion sanitaire d'un élevage. Des études ont été réalisées pour déterminer les affections ayant le plus d'impact sur la production. On peut ainsi déterminer les périodes à risques et les autres facteurs ayant une influence sur l'apparition de ces maladies.

En Belgique, le risque de mortalité chez les veaux de boucherie est de 5,3% dans une étude réalisée en 2012, (5,7% en 2013 (13)). Selon cette étude, les pics de mortalités sont observés la deuxième semaine avec une majorité de pneumonies (27,3%), la neuvième semaine avec 66,7% de péritonites idiopathiques et la dernière semaine avec une majorité de désordres ruminiaux (1).

Selon les études, 23% des veaux laitiers développeraient une ou plusieurs maladies entre 0 et 90 jours de vie(14), 25,4% entre leur arrivée dans l'élevage et l'abattage (1). Les 45 premiers jours d'élevages sont les plus à risque pour les veaux et c'est durant cette période que les facteurs d'élevages auront un impact important sur la santé du veau (15).

Des maladies sont spécifiques à certaines races. La gale par exemple est exclusivement observée chez les veaux blanc bleu belge et les arthrites sont plus fréquemment traitées chez ceux de race allaitante. Les veaux de types viandes ont un risque de mortalité plus élevé que les veaux laitiers ou croisés principalement à cause de pneumonies, d'entérotaxémies ou d'arthrite (1).

b) Les différentes affections

i) Différentes incidences d'affections

En élevage de veaux, les principales causes de morbidité et de mortalité sont les maladies digestives et respiratoires (tableau III, (1)). On retrouve aussi d'autres affections plus fréquentes chez eux que chez les veaux laitiers (locomotrices ou métaboliques). Une bonne connaissance de ces affections est primordiale afin de prévenir leur apparition et limiter leur prévalence et la dissémination dans les élevages.

Tableau III : Répartition de la morbidité par maladie, (1).

Maladies	BRD	Diarrhée	Gales	Otite	Arthrite
Morbidité	56,1%	18,5%	6,3%	5,7%	5,5%

Parmi l'ensemble des troubles sanitaires que subissent les veaux de boucherie, les problèmes infectieux restent les plus nombreux. Bien que les diarrhées et les problèmes respiratoires soient majoritaires, des septicémies, des affections ombilicales (13,6% de

mortalité due à des omphalo-phlébites (1)), et des arthrites sont fréquemment retrouvées dans les élevages de veaux. Les causes principales de mortalités rapportées dans une étude faite dans des élevages de Belgique sont : les pneumonies, les entérites, les arthrites, les entérotoxémies, les péritonites idiopathiques, les « mort à l'arrivée », et les omphalites. On trouve souvent plusieurs affections associées entre elles. Par exemple, les arthrites septiques sont souvent secondaires à une autre infection qui se propage par voie hématogène. Les otites, souvent associés aux BPIE et les péritonites idiopathiques peuvent être liées à un problème mécanique telle qu'une intussusception(13).

Parmi les problèmes non infectieux, sont souvent décrits chez les veaux, des désordres ruminiaux, liés à l'alimentation lactée, les ulcères gastriques, les désordres métaboliques, les syndromes du veau faible, et l'anémie en fer qui entrainerait une hyperventilation compensatrice et favoriserait entre autres les troubles respiratoires (11). La dystrophie musculaire nutritionnelle enzootique (carence en vitamine E et Sélénium) est aussi liée à l'alimentation quasiment exclusivement lactée. Elle fait suite à un engraissement rapide, chez un animal dont la réserve en sélénium à la naissance n'est pas suffisante.

ii) *Les troubles digestifs*

Le système digestif du veau est particulier puisque seule la caillette est fonctionnelle au début de sa vie. Les affections digestives de type diarrhéiques touchent plus de 25% des veaux et sont les premières causes de mortalité dans les 3 premières semaines de vie. En moyenne, 5,3% des veaux sont traités pour des diarrhées dans les 12 jours après leur arrivée dans l'élevage. La diarrhée est aussi associée à une perte moyenne de 9,2Kg sur les carcasses (1).

Dans la majorité des cas les diarrhées sont infectieuses et sont dues à des bactéries (salmonelles, *clostridium perfringens*), des virus (rotavirus, coronavirus), ou des parasites (coccidies, *Cryptosporidium parvum*). Dans des conditions de stress particulières, ces agents vont se multiplier au détriment du reste de la flore intestinale saine. La contamination se fait principalement suite à l'ingestion de fèces ou par contact avec l'environnement. Les agents infectieux sont multipliés par la mixité et amplifiés par les premiers malades, et peuvent parfois être très persistants dans l'environnement (16).

On trouve aussi des troubles digestifs non infectieux, notamment :

- Le ruminal drinking : il s'agit d'une défaillance de fermeture de la gouttière œsophagienne. Le lait passe alors directement dans le rumen où il va fermenter et entraîner une putréfaction de son contenu. Il semble que ce syndrome soit provoqué par des horaires irréguliers de distribution des repas et une mauvaise hygiène des seaux. Le mode de distribution du lait peut également favoriser son apparition (16).
- Les ulcères de la caillette peuvent mener à une mort brutale, ou être une découverte fortuite de l'abattoir. Ils sont provoqués en grande partie par le stress, ou l'ingestion

d'aliments grossiers. Sur des veaux autopsiés, 26,4% avaient des ulcères de caillottes (1).

- On peut aussi retrouver de manière moins fréquente, des problèmes d'inappétences, de diarrhées alimentaires, de constipations, de surcharges hépatiques, ou en fin d'engraissement, des surcharges digestives liée à des modifications physiologiques des réservoirs gastriques.

iii) Les troubles respiratoires

Les troubles respiratoires sont la première cause de morbidité en élevage de veaux de boucherie. En moyenne, 17,2% des veaux ont des troubles respiratoires (13). Ce taux varie en fonction des études, de la capacité des éleveurs à détecter les veaux malades et des pays dans lesquels les études sont réalisées. Selon Pardon *et al.* en 2012, les problèmes respiratoires surviennent dans 56,1 % des cas en Belgique. Ils sont responsables de 50% des cas de mortalité en Suisse (17). Une étude réalisée en France sur des troupeaux de productions différentes et de différentes tailles, a été réalisée afin de définir la prévalence des BPIE. Près de 10% (9,8%) des élevages et 2,1% des animaux sont atteints de BPIE (18). Les maladies respiratoires touchent les veaux dès leur arrivée dans l'élevage avec un pic la 3ème semaine d'élevage (1). La prévalence est souvent sous-estimée car seuls les cas graves sont détectés par les éleveurs et les traitements prophylactiques et métaphylactiques souvent utilisés dans les élevages en lots réduisent les symptômes et donc la détection de nombreux cas individuels (14). Les premiers cas apparaissent généralement la deuxième semaine après leur arrivée (2). Les symptômes observés sont assez variables, on peut observer de la toux, du jetage, de l'hyperthermie, de la polypnée et des bruits pulmonaires modifiés à l'auscultation. Les symptômes cliniques sont cependant de mauvais prédicteurs car ils dépendent notamment de la perception de l'éleveur.

Le nombre d'épisodes respiratoires au cours de la période d'élevage a un impact sur le taux de mortalité. En effet une étude montre qu'il y a 12 % de mortalité chez les veaux ne contractant qu'un seul épisode de maladie respiratoire, contre 33,3% pour ceux rechutant 3 fois ou plus (13).

Sur des veaux autopsiés et prélevés pour des analyses bactériologiques et virologiques, 57,1% ont des lésions de pneumonies dont 92,3% de pneumonies bactériennes. Les agents isolés sont *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *E. coli*, *Arcanobacterium pyogenes* et *Mycoplasma spp* (1).

Une étude réalisée en abattoir, a démontré la présence de lésions de pneumonie sur 21,6% des poumons étudiés et de pleurésies sur 21,4% des veaux. Ces lésions reflètent l'effet cumulatif de tous les épisodes respiratoires ayant eu lieu durant l'engraissement du veau (19). Ces affections entraînent une diminution du poids des carcasses de 9,7Kg (13).

Les maladies respiratoires sont multifactorielles. Les facteurs responsables de ces affections sont liés à l'animal, à l'environnement, à la conduite d'élevage, au stress et à la présence d'agents pathogènes variés. Celles-ci peuvent toucher tous les animaux, jeunes ou adultes mais sont plus fréquentes chez les veaux élevés en lot. Il y a une interaction complexe entre ces différents facteurs mais leur importance relative est différente dans chaque cas. La symptomatologie est peu spécifique et a souvent une forme de bronchopneumonie. On les appelle les broncho pneumonies infectieuses enzootiques (BPIE) (20).

Elles surviennent suite à une rupture d'équilibre entre les moyens de défenses de l'organisme et la pression de contamination des agents pathogènes qui sont des virus, des bactéries de types *pasteurellaceae* ou des mycoplasmes. Certaines conditions d'élevage semblent favoriser l'apparition des BPIE, ce que nous étudierons dans la 2ème partie.

Ces maladies entraînent des pertes économiques importantes, elles sont dues aux traitements, au temps de travail supplémentaire nécessaire pour s'occuper des veaux malades, à la mortalité et à la diminution de GMQ et donc du poids des carcasses au moment de l'abattage (21).

La surveillance des veaux par l'éleveur est la première étape qui ne peut pas être négligée. L'éleveur doit connaître les signes indiquant que l'animal est malade et évaluer lorsqu'il doit appeler le vétérinaire. Une intervention précoce est plus efficace pour obtenir la guérison et lutter contre la dissémination des pathogènes. La surveillance est d'autant plus compliquée lorsque les veaux sont logés en lot de taille importante.

c) Modalités de traitement en élevage de veaux de boucherie

Les veaux de boucherie sont souvent traités, avec une moyenne de 8,5 traitements antibiotiques par veaux sur la durée d'engraissement (22). L'usage des antibiotiques étaient souvent préventif, sur un mode collectif ou individuel, ce qui a pu favorisé l'apparition de résistances.

i) Traitements collectifs

Les deux principaux axes d'interventions collectives chez les veaux de boucherie sont la prophylaxie et la métaphylaxie.

La prophylaxie comprend des mesures de préventions sanitaires (gestion des animaux, désinfection, vide sanitaire) et médicale (vaccin ou sérum). Cela nécessite donc une bonne gestion du bâtiment, de l'ambiance et de l'hygiène générale. Sur le plan médical, après un contrôle de l'état des veaux, des vaccins et éventuellement des traitements complémentaires peuvent être administrés aux animaux dès leur arrivée (6).

Une étude suisse montre que les veaux ayant reçu un traitement antibiotique (par voie injectable ou orale) au début de l'engraissement ont environ 2 fois moins de chance de développer une maladie respiratoire par la suite. Les veaux traités démontrent une augmentation de leur GMQ. Le GMQ est de 0,83Kg/j pour les veaux n'ayant pas reçu d'antibiotiques en début d'élevage, contre 1,14Kg/j pour ceux avec un traitement antibiotique par voie orale (23). En France les traitements antibiotiques en prophylaxie ne sont plus autorisés.

La métaphylaxie consiste en un traitement collectif contre un agent infectieux lorsque la maladie circule déjà dans l'élevage, à partir d'un certain taux d'incidence ou nombre de malades. C'est à la fois une démarche curative et préventive pour un lot exposé au même risque infectieux. Le traitement est ainsi précoce pour les animaux qui n'expriment pas encore les symptômes de la maladie et sont encore en incubation. Cela permet de réduire l'excrétion des agents pathogènes dans le milieu, la morbidité et la mortalité, d'améliorer les performances zootechniques et de réduire la consommation finale d'antibiotiques. C'est une pratique courante pour les troubles respiratoires des jeunes bovins. Des conditions sont à respecter pour utiliser ce mode de traitement de manière raisonnée. La taille du lot doit être suffisante, le nombre d'animaux atteint doit atteindre un seuil significatif, c'est-à-dire plus de 10% d'animaux malades le premier jour puis 5% de nouveaux cas les jours suivants. Ces pourcentages sont à moduler selon le lot considéré (24). La technicité de l'éleveur, sa disponibilité sont aussi à prendre en compte afin que le traitement soit correctement administré à l'ensemble de des animaux.

Chez les veaux, ce type de traitement est aisé car ils peuvent être administrés par voie orale dans l'aliment. En Belgique, lors d'une étude réalisée sur 15 élevages en 2007, une moyenne de 10 traitements collectifs par groupe a été calculée. Ils représentent une part beaucoup plus importante que les traitements individuels (97,9% des traitements totaux). Parmi ces traitements, 82% étaient des traitements antibiotiques dont l'indication principale est la maladie respiratoire (dans 53 % des cas). Les anti-inflammatoires sont peu utilisés pour les traitements collectifs. On trouve en majorité l'acide acétylsalicylique (25).

Les antibiotiques sous forme buvable sont plus souvent utilisés pour la facilité d'administration et aussi pour leur coût moindre. Lorsque le veau malade ne boit pas, le contrôle du traitement est alors plus compliqué. La voie injectable doit alors être privilégiée sur les malades au moins pour commencer le traitement.

L'observance est très importante et conditionnera le succès du traitement. Le vétérinaire peut choisir d'utiliser un antibiotique avec effet flash ou bien longue action. Il doit prendre en compte les délais d'attentes puisqu'on est dans le cadre d'animaux destinés à la consommation humaine, mais aussi la praticité pour l'éleveur, qui permettra de continuer le traitement dans de bonnes conditions (11). Les traitements sont souvent sous dosés. Cela est dû à une mauvaise estimation du poids des veaux ou bien, lors des traitements per os, une prise insuffisante du médicament (25).

ii) Traitements individuels

Les traitements individuels sont peu fréquents dans les lots où les maladies infectieuses se propagent très vite. En première intention, la voie injectable est privilégiée pour le traitement symptomatique des malades, surtout s'ils ne mangent pas. Les traitements individuels sont rarement accompagnés de prélèvements diagnostiques. Lors de rechutes, des prélèvements sont éventuellement réalisés pour adapter le traitement.

La majorité des traitements individuels antibiotiques sont de l'amoxicilline et du florfenicol. La plupart des AINS sont administrés par les éleveurs. Les maladies respiratoires sont la principale indication pour l'utilisation individuelle d'anti inflammatoires (25). L'étude des traitements individuels est peu fiable car les données ne sont pas toujours bien transmises, et les pratiques ne sont pas toujours en adéquation avec les conseils théoriques.

iii) L'usage d'antibiotiques et ses conséquences

Le problème de résistances aux antibiotiques est un des défis majeur du 21^{ème} siècle. Il est à l'origine du plan EcoAntibio mis en place par la France dans le but de réduire l'usage des antibiotiques en santé animale.

Dans l'étude précédemment citée, faite en Belgique, les traitements antibiotiques par voie orale représentaient 95,8% des traitements chez des veaux de boucherie, 88% étaient utilisés en métaphylaxie. Les antibiotiques les plus utilisés étaient l'Oxytétracycline, l'Amoxicilline, la Tylosine et la Colistine. Les doses d'antibiotiques recommandées étaient peu respectées : dans 43,7% des cas il y avait un sous dosage et dans 37,1% un surdosage. 33,3% des antibiotiques étaient associés entre eux. 81,8% des traitements antibiotiques sont surdosés probablement à cause d'une mauvaise estimation du poids des veaux (25).

Les maladies respiratoires sont la principale indication d'utilisation d'antibiotiques chez les veaux de boucherie que ce soit pour un traitement individuel ou collectif. Le traitement antibiotique doit rapidement être mis en place et il est incontournable dans ce type de maladie (25). Une étude menée en Suède sur les maladies en élevage de veaux en lot a montré que sur les cas cliniques de maladies respiratoires diagnostiqués, 54,9% étaient traités dont 98,7% avec des antibiotiques (26). Afin de limiter les épisodes de maladies, l'éleveur doit être particulièrement attentif lors des périodes à risques, c'est-à-dire quelques jours à quelques semaines après la mise en lot. Les signes que l'éleveur va repérer en premier sont les modifications du rythme respiratoire, des écoulements naseaux ou de la dysorexie. Ces signes manquent cependant de spécificité et peuvent induire des traitements par excès. La décision de traiter pour éviter des traitements inutiles repose donc souvent sur le dépassement d'une valeur seuil de la température rectale de 39,5° à 40°C (13).

L'antibiotique utilisé doit être actif contre les germes présents et responsables de la maladie. Comme l'agent bactérien responsable des troubles respiratoires n'est pas souvent mis en évidence, on peut alors mettre en place un traitement probabiliste et essayer d'avoir un spectre le plus large possible afin de diminuer le risque d'échec (11). En 1ère intention, les antibiotiques utilisés contre les affections respiratoires seront ceux actifs contre les pasteurelles avec une sensibilité d'au moins 90%. C'est-à-dire les phénicolés (florfenicol), les macrolides (tulathromycine et tilmicosine), les tétracyclines, les fluoroquinolones (danofloxacin, enrofloxacin et marbofloxacin), les céphalosporines de 3ème génération (ceftiofur et cefquinome), et l'amoxicilline.

Selon les données du rapport du Résapath de l'ANSES, en 2016, les pasteurelles représentent 7% des isollements bactériens chez les bovins (3ème position après *E. Coli* et les streptocoques) dont 87% sont isolées de pathologies respiratoires. La sensibilité au florfenicol qui est la 1ère indication des affections respiratoire est de 100% pour *Pasteurella multocida* et de 99% pour *Mannheimia haemolytica* (annexe4) (27).

Une étude conduite en 2012 dans le but d'évaluer l'efficacité de traitements antibiotiques sur les BPIE a aussi mesuré la sensibilité à différents antibiotiques des souches de *Pasteurellacées* isolées. Les résistances sont nombreuses, 94% des souches de pasteurelles testées sont résistantes à un ou plusieurs antibiotiques et 21% sont multirésistantes. La résistance aux macrolides est particulièrement importante, 85% des souches sont résistantes à la tylosine mais seulement 3% à la tulathromycine. Dans cette étude, toutes les *Pasteurellacées* sont sensibles à la gentamicine et au florfenicol (23).

d) Modalité vaccinale

La vaccination doit permettre de restreindre le nombre de malades et donc la pression infectieuse au sein de l'élevage. La vaccination est plus efficace quand on vaccine tout le groupe. Elle permet de protéger les animaux qui ont moins bien réagi par la protection du groupe conférée par la sommation des protections individuelles réussies. Mais cette protection est d'autant plus coûteuse que les élevages sont de grandes tailles. Chez les veaux de boucherie, la principale vaccination réalisée est celle contre les BPIE. Selon un article de synthèse sur les mesures préventives des maladies respiratoires, la vaccination est fréquemment utilisée mais peut manquer d'efficacité, bien que l'efficacité vaccinale reste difficile à démontrer du fait du caractère multifactoriel des BPIE (28).

Différents facteurs vont influencer l'efficacité de la vaccination comme la période de vaccination, les anticorps maternels du veau, et le nombre d'agents pathogènes différents. On verra que la mise en place d'une vaccination efficace n'est pas aisée pour les veaux de boucherie.

La vaccination des lots a généralement lieu lors de la mise en place. Il faut au moins deux semaines pour qu'elle commence à avoir un effet, alors que le pic de maladie respiratoire a lieu à ce moment.

Les veaux qui arrivent en atelier d'engraissement à l'âge de deux semaines peuvent encore avoir des anticorps maternels qui gêneront la mise en place de l'immunité post-vaccinale. Les stratégies employées pour pallier au problème de l'interférence maternelle sont les rappels vaccinaux, ou la vaccination intra nasale. Pour des raisons économiques, les rappels vaccinaux sont une pratique peu réalisée dans des élevages où les veaux ne sont pas destinés à rester pour une longue période. Sur 78% des lots d'engraissements participant à une étude aux Etats-Unis, seul 33% avaient reçu une injection de rappel (21). Les vaccins intranasaux sont des vaccins vivants qui induisent une réponse immunitaire précoce, antivirale locale, donc sans interférence avec l'immunité colostrale. En France, un vaccin avec les valences RSV et PI3 est utilisable dès 3 semaines d'âge. Cette vaccination implique un temps de travail plus important et n'est pas employé en pratique dans les élevages de grandes tailles.

Le nombre et la multiplicité des pathogènes impliqués dans les maladies respiratoires nécessite un nombre de valences vaccinales important. Or encore peu d'essais sont réalisés sur l'interaction entre ces différents vaccins. Le choix du vaccin doit être fait selon le contexte épidémiologique de l'élevage, ce qui est difficile dans un élevage où des veaux d'origines multiples et de statuts immunitaires inconnus arrivent.

La décision de vaccination ne doit pas être prise dans l'urgence. C'est un moyen de limiter les maladies respiratoires mais pas de les éradiquer. Il ne faut pas laisser de côté les facteurs liés à l'élevage qui vont être des investissements à plus long termes.

Le fonctionnement de l'élevage de veaux de boucherie, avec une densité d'animaux importante, le stress, la mixité des animaux et le trou immunitaire a des conséquences sur la santé des animaux. La conduite d'élevage doit être adaptée aux besoins des veaux afin de permettre un élevage dans de bonnes conditions. Cette filière implique de nombreux acteurs (éleveurs, vétérinaires et techniciens) qui doivent travailler ensemble et trouver des solutions adaptées à chaque problème et chaque élevage.

II- *M. bovis* dans les affections respiratoires en élevage de veaux de boucherie.

Nous avons pu voir dans la partie précédente que les affections respiratoires sont fréquentes et ont des conséquences sur la croissance des veaux et donc sur la rentabilité de l'atelier. Les lots de jeunes bovins sont très affectés et de manière très rapide par les épisodes respiratoires qui peuvent entraîner 2 à 10 % de non valeurs économiques (11).

Nous étudierons ici l'étiologie des affections respiratoires qui sont multifactorielles, leurs conséquences et les facteurs de risques qui leur sont associés. *Mycoplasma bovis* a un rôle particulier au sein des affections respiratoires. Il est fréquemment associé à d'autres pathogènes et c'est l'agent bactérien le plus souvent isolé en élevage en lots (2). Un intérêt particulier est porté sur ce pathogène encore méconnu et qui est présent dans les différentes productions bovines, dont les veaux de boucherie.

1) Le syndrome BPIE, les pathogènes impliqués.

Lors de prélèvements réalisés dans le cadre d'affections respiratoires, plusieurs agents pathogènes sont souvent isolés. Ils sont associés dans de plus ou moins grandes proportions. On retrouve des virus, des bactéries de type *Pasteurellaceae* et des Mycoplasmes.

a) Les virus

i) Mode d'action des virus

Les virus vont interférer avec le système immunitaire. Les jeunes bovins peuvent être porteurs de différents virus plus ou moins pathogènes. Ils se contaminent par contact direct ou par aérosol à partir d'animaux déjà infectés (la mère, d'autres adultes dans l'élevage naisseur, ou bien d'autres veaux lors des opérations de transport et de tri). Lorsque l'immunité du veau est affaiblie, les virus présents dans les voies respiratoires vont se multiplier et créer des lésions qui vont permettre une excrétion dans le milieu extérieur. Cette excrétion se fait à la faveur d'un stress même minime (changement de température, sevrage, transport...) par l'intermédiaire de la toux ou du jetage nasal.

Les virus vont dégrader les mécanismes de défenses non spécifique de l'appareil respiratoire supérieur (l'escalator muco-ciliaire), et du parenchyme pulmonaire, ce qui favorise l'installation des bactéries des voies respiratoires supérieures vers les poumons. Par ailleurs, l'infection virale interfère plus ou moins fortement avec le système immunitaire qui ne peut alors plus jouer correctement son rôle de défense face à l'infection bactérienne (29). La phase virale crée donc un environnement favorable aux bactéries.

La phase de multiplication virale se traduit par un syndrome grippal : une hyperthermie et une baisse de l'appétit. Après cette phase de début, parfois deux ou trois jours, les lésions de l'appareil respiratoire deviennent importantes, et l'on commence à voir apparaître des larmoiements, du jetage ainsi qu'une accélération du rythme respiratoire (8).

ii) *Les virus impliqués*

Dans les virus fréquemment isolés et ayant un possible rôle dans les maladies respiratoires, on trouve le virus de l'IBR (rhinotrachéite infectieuse bovine), le virus de la BVD (diarrhée virale bovine), le virus du RSV (virus respiratoire syncytial) et le virus PI3 (para influenza 3).

Le virus de l'IBR est un herpès virus, il intervient dans le complexe respiratoire en détruisant les cellules de la muqueuse respiratoire supérieure et en altérant les processus de défense par son effet immunosuppresseur. Il peut se disséminer dans le système nerveux, rester à l'état latent dans les ganglions trijumeaux et être excrété périodiquement en cas d'immunodépression. La clinique qui peut être associée à la présence de ce virus est un jetage important et une conjonctivite, associées à une trachéite qui génère parfois de la toux ou du cornage.

Dans 71,4% des troupeaux non vaccinés en Belgique ayant eu des épisodes de maladies respiratoires, le virus de la BVD a été isolé (30). C'est un pestivirus associé à de nombreuses affections (maladie des muqueuses). Il peut jouer un rôle dans les BPIE, en entraînant une diminution de l'immunité qui affecte les cellules immunitaires, le tissu lymphoïde et la production d'interféron. Il n'est pas directement pathogène pour le système respiratoire : il est donc fréquent qu'il soit associé à d'autres virus. Il a la particularité d'entraîner un portage permanent en cas d'infection *in utero*. Ces infectés permanents sont immunotolérants (IPI) par rapport au virus hébergé et sont la principale source de contamination (29).

Le RSV est un pneumovirus, il a une forte prévalence dans les BPIE. L'infection des veaux entre eux se fait par les sécrétions nasales grâce à un portage nasal et par les aérosols. Le virus a une action cytolytique sur les cellules épithéliales bronchiques et alvéolaires. Il provoque uniquement des symptômes respiratoires, on note de l'hyperthermie, du jetage et une tachypnée, parfois de la dyspnée. Dans les formes plus graves une détresse respiratoire aiguë due à de l'œdème / emphysème pulmonaire, ou de l'emphysème sous cutanée peuvent être observés. Dans ce cas, l'évolution est peu favorable et le taux de létalité élevé (31).

Le PI3 est un respirovirus, fréquemment impliqué dans les BPIE mais avec un faible impact. Son action permet surtout un développement bactérien secondaire grâce à l'inhibition de la phagocytose (31). Des prélèvements réalisés avant et après des épisodes de maladies respiratoires, ont révélés que 7 à 53 % des veaux avaient séroconverti pour le virus PI3 (2).

Le coronavirus est un virus pneumo-entérique avec un portage nasal surtout fréquent en hiver, il adhère aux cellules nasales de la même manière qu'aux entérocytes. Les symptômes respiratoires sont modérés (toux et jetage) mais son rôle exact au sein des BPIE n'est pas encore parfaitement élucidé. Il est aussi responsable de diarrhée grave chez le veau de moins de deux semaines.

b) *Les bactéries*

Les bactéries fréquemment impliquées dans les BPIE appartiennent à la famille des *Pasteurellaceae*. On trouve aussi des Mycoplasmes (*Mycoplasma bovis*, surtout) que l'on détaillera dans la partie suivante.

i) *Epidémiologie et mode d'action des pasteurellaceae*

Les *Pasteurellaceae* sont des bactéries de coloration gram-, aéro-anaérobies. Ce sont des bactéries commensales des muqueuses respiratoires supérieures, et plus rarement des muqueuses génitales et digestives des mammifères. Leur transmission est essentiellement directe. Elles résistent mal aux agents physico-chimiques et leur survie dans le milieu extérieur est limitée, elles sont sensibles à la dessiccation et au froid. Seule *P. multocida* peut résister plus de 48h à 4°C. Les bactéries manifestent souvent leur pouvoir pathogène après l'intervention des virus.

En cas d'immunosuppression ou d'un stress, elles colonisent l'appareil respiratoire profond et provoquent une pneumonie grave en créant les lésions de pneumonies que l'on peut observer à l'abattoir. Ces lésions sont non spécifiques bien que certaines puissent être évocatrices par leur gravité. Il est nécessaire d'y associer un diagnostic étiologique par culture ou PCR.

Le pouvoir inflammatoire des bactéries est beaucoup plus puissant que celui des virus, la réponse inflammatoire sera donc plus violente et va altérer la fonction respiratoire. Chaque pathogène a des spécificités et des pouvoirs pathogènes différents (31).

ii) *Les bactéries fréquemment impliquées.*

Les bactéries fréquemment isolées lors de BPIE sont *Histophilus somni*, *Mannheimia haemolytica* et *Pasteurella multocida*. Il est difficile de les différencier cliniquement et plusieurs d'entre elles sont souvent associées dans les prélèvements (31).

Histophilus somni (anciennement *Haemophilus somnus*) est une bactérie fragile (elle survie moins de 24h à 4°C) et difficile à cultiver. Sa présence n'est pas automatiquement recherchée mais il a été montré que son impact dans les BPIE était non négligeable. Un

lypooligosaccharide (LPS) est responsable du pouvoir pathogène. On peut retrouver cette bactérie de façon commensale dans l'appareil génital et respiratoire. Elle peut être retrouvée seule ou en association avec d'autres pathogènes lors d'affection respiratoire (32).

Mannheimia haemolytica est la bactérie la plus pathogène lors de BPIE, c'est la plus fréquemment isolée dans les poumons de jeunes bovins morts de bronchopneumonie. Les facteurs de virulence bien connus de cette bactérie sont la capsule, et les adhésines. Les toxines produites sont le LPS qui a une activité endotoxique, les leucotoxines qui ont une activité cytotoxique et qui vont entraîner des lésions vasculaires et pulmonaires. La bactérie a des capacités invasives à l'origine des formes graves de type pleurésie parfois associée à une bactériémie (28).



Figure 4 : bronchopneumonie fibrineuse pouvant être due à *Mannheimia haemolytica*, photo : anapath vetagro-sup

Pasteurella multocida a plusieurs sérotypes connus, le A est le plus fréquemment impliqué dans les affections respiratoires. Elle est moins fragile que les autres *Pasteurellaceae*. Elle a été identifiée dans différentes espèces et peut être zoonotique. Son pouvoir pathogène est lié à la capsule qui a une activité anti phagocytaire, les fimbriae qui permettent l'adhésion aux cellules du tractus respiratoire. Les lésions sont principalement engendrées par le LPS qui a une activité endotoxique. Ce sérotype est isolé dans 26% à 45% des cas de BPIE selon des études synthétisées dans un article (32). Ces prévalences varient en fonction des différences d'âge et de type d'élevage étudiés. Elle peut être un pathogène primaire dans les BPIE, mais est aussi souvent associée à d'autres pathogènes, notamment *M. Bovis* (32). Les lésions les plus souvent observées dans ce cas sont des bronchopneumonies suppuratives des lobes antérieurs.

2) Les Mycoplasmes : *Mycoplasma bovis*

Le rôle de *M. bovis* au sein des maladies respiratoires semble important dans les élevages en lot. C'est une bactérie qui possède des particularités physiologiques qui lui permettent de résister en milieux difficiles et dont le fonctionnement pathogène reste encore mal connu.

a) Généralités sur *Mycoplasma bovis*

i) Importance de *M. bovis*

M. bovis a une répartition mondiale, c'est le mycoplasme le plus pathogène chez les bovins en Europe, et l'agent bactérien le plus fréquemment isolé lors des maladies respiratoires chez les veaux de boucherie (2). Il fait partie de la classe des mollicutes, possède un génome de taille réduite, a une très petite taille et la particularité de ne pas avoir de paroi. *M. bovis* peut entraîner des mammites, des infections génitales et des avortements chez les adultes, des bronchopneumonies et des arthrites chez les jeunes, il est aussi associé à des otites. Les pertes économiques engendrées sont liées aux pertes de productions et aux traitements compliqués et coûteux parce que longs.

La prévalence de *M. bovis* est importante lors des BPIE chez les veaux en lots. La bactérie a été isolée dans 9 lots de veaux sur 10, dans une étude sur l'est de la France, chez 79% de veaux sans signe respiratoire et 82% de veaux malades. La séropositivité à l'introduction des veaux dans les lots était de 2,2%, et selon les élevages, 60 à 100% des veaux (dans 8 sur 9 des lots) montraient une séroconversion vis-à-vis de *M. bovis*. Cette faible séroprévalence à l'entrée associée aux forts taux de séroconversion après maladie indiquait selon les auteurs que la diffusion était rapide et précoce à partir d'un faible nombre d'animaux porteurs (2).

La séroprévalence semble différer selon les pays et le type d'élevage. En France, elle varie entre 2 et 13% de sérologies positives. Cette étude montrait une forte proportion d'élevage infecté (ayant au moins un animal séropositif) mais avec une faible proportion d'animaux infectés dans chaque élevages positif (33).

Enfin, cette bactérie peut diffuser dans l'ensemble d'un lot à partir d'un seul clone, même si les animaux ont des provenances différentes (34). Il peut être considéré comme un pathogène primaire de l'affection respiratoire, cependant, la plupart du temps il est associé et agit avec d'autres bactéries ou virus qui vont initier ou amplifier les lésions pulmonaires (35). En effet, *Rérat et al.* ont montré que 56% des prélèvements (ATT) à partir desquels des pasteurelles étaient isolées étaient coinfectedes par des mycoplasmes (23).

ii) *Particularités de M. bovis*

Chez *M. bovis*, il a été mis en évidence une forte variabilité antigénique, permise par les Vsp (Variable Surface Protéine). Ce sont des protéines fortement immunogènes qui sont soumises à des variations de taille et d'expression en présence d'anticorps anti-Vsp. Ces variations sont liées à des réarrangements fréquents dans les séquences d'ADN codant pour ces SAHM (système antigénique membranaire hypervariable) malgré la taille réduite du génome. Cela crée un mécanisme possible d'échappement à la réponse immunitaire.

De plus ces bactéries sont capables de former des biofilms. Cela leur permet de proliférer, encastrées dans un polymère qui peut adhérer à de multiples surfaces, dans des conditions physiques ou physiologiques difficiles. Ces caractéristiques peuvent expliquer leur persistance dans l'environnement et chez l'hôte ainsi que le manque d'efficacité de certains traitements dirigés contre *M. bovis*, grâce à la protection que va apporter le biofilm (36).

L'absence de paroi rend ces bactéries naturellement résistantes aux antibiotiques de la famille des bêta-lactamines. *M. bovis* héberge aussi une résistance génétique innée aux sulfamides et à l'érythromycine (37).

b) *Pouvoir pathogène des mycoplasmes*

i) *Mode d'action*

Dans un article de synthèse sur *M. bovis*, les auteurs ont rapporté que la transmission de *M. bovis* se faisait essentiellement de manière directe via les aérosols contaminés de manière importante et rapide. L'excrétion des mycoplasmes par l'individu porteur précède les signes cliniques et peut durer longtemps après leur disparition. Ces aérosols ainsi que l'environnement dans lequel peut survivre *M. bovis* pendant plusieurs jours, vont constituer des sources d'infection. Les plus fréquentes sont le jetage des animaux excréteurs, les expectorations et le lait des mères. Chez les veaux, les voies d'entrées sont la muqueuse respiratoire ou la voie orale (38). La transmission est aussi possible de la mère au veau de manière très précoce (39).

Dans une étude sur les veaux de boucherie, la majorité des séroconversions ont eu lieu dans les trois semaines après leur arrivée. De plus, des échantillons prélevés dans l'environnement des veaux (mangeoires et barrières) ont été positifs suggérant une contamination par l'environnement (40).

La contamination orale a été prouvée dans un essai de reproduction d'otites chez des jeunes veaux. Des veaux sains ont été contaminés oralement avec du lait contenant *M. bovis*. 37% d'entre eux ont développé une otite moyenne dont les signes cliniques sont identiques à ceux observés lors d'une infection naturelle. 75% d'entre eux (6 sur 8) ont développé des signes cliniques de maladie de l'appareil respiratoire profond. Dans cette étude, la

contamination orale par *M. bovis* a été suffisante pour induire la colonisation de l'appareil respiratoire par la bactérie et le développement de signes cliniques (38). *M. bovis* est donc un pathogène relativement résistant qui se transmet facilement et de manière rapide au sein d'un lot de jeunes veaux.

Les symptômes individuels sont non spécifiques. On retrouve des signes respiratoires tels que du jetage, de la toux et de la dyspnée, et des symptômes généraux ; de l'hyperthermie, de l'apathie et de l'anorexie. La fièvre est un marqueur précoce mais qui est difficilement détectable par l'éleveur (41).

A l'échelle du lot, une infection à mycoplasmes semble tendre vers une affection de type respiratoire chronique ou récidivante. Dans certain cas, celle-ci ne répondra pas ou peu à l'antibiothérapie entreprise, contrairement aux infections majoritairement liées aux pasteurelles (35).

Les mécanismes responsables du pouvoir pathogène de *M. bovis* sont complexes et mal connus. *M. bovis* n'adhère pas spécifiquement aux cellules épithéliales de la trachée. La bactérie est capable de survivre dans les voies respiratoires en inhibant sa destruction par les macrophages alvéolaire lors de la phagocytose. Elle est aussi capable de persister dans certaines cellules immunitaires et d'échapper aux mécanismes de défenses immunitaires de l'hôte (39).

ii) Diagnostic

Le diagnostic se fait grâce à la suspicion clinique. L'isolement d'un mycoplasme doit entraîner une identification de ceux-ci. Ils ne sont pas tous pathogènes (*M. bovirhinis*, *M. arginini* sont souvent identifiés) et il existe plusieurs espèces de mycoplasmes d'importances sanitaires et économiques différentes. De plus il n'est pas possible d'utiliser des caractères macroscopiques pour identifier l'espèce de mycoplasme. Le réseau VigiMyc créé en 2003 permet de faciliter l'identification des mycoplasmes et de d'assurer leur épidémio-surveillance en France (36).

Le meilleur prélèvement pour isoler ou identifier *M. bovis* grâce à des PCR ou par immunomarquage reste le LBA (42). Des prélèvements par LBA et écouvillon naseaux sont réalisés et comparés avec des cultures pulmonaires correspondantes sur animaux morts suite à des troubles respiratoires. Une meilleure correspondance entre le LBA et la culture pulmonaire a été montrée. Bien que l'écouvillon soit plus simple d'utilisation et moins cher, celui-ci est plus difficile à préserver de la dessiccation. Les prélèvements doivent être acheminés sous couvert de froid positif. Cette bactérie nécessite des milieux de croissance spécifiques et complexes et sa culture est lente (figure 5). En France, du fait de l'existence du réseau Vigimyc, les identifications sont souvent réalisées dans le laboratoire de référence, l'ANSES Lyon.

Les prélèvements peuvent être mis en culture, ce qui est indispensable pour le suivi de l'antibiorésistance. Mais les analyses peuvent aussi être faites par PCR temps réel. Cela permet l'identification directe de l'agent de manière plus sensible et plus rapide, elle est maintenant couplée avec la recherche virale dans différents kits. La sérologie se réalise grâce à la méthode ELISA pour les diagnostics de troupeaux. Les AC sont décelables dans le sang 2 à 3 semaines après l'infection ce qui permet d'observer les séroconversions (35).

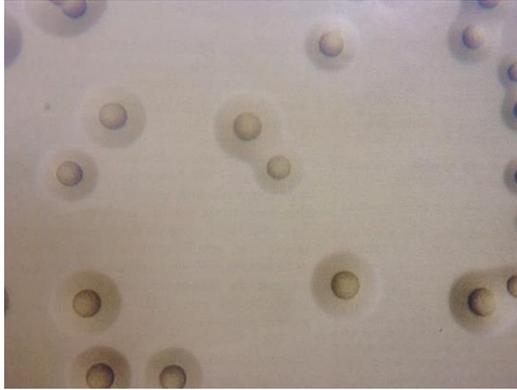


Figure 5: Colonies de *M. bovis* sur milieu solide, photo : Le Grand, D, Le point vétérinaire

c) Traitement et prophylaxie des infections respiratoires à *M. bovis*

Les nombreuses résistances que possède *M. bovis* entraînent une attention particulière sur le choix des antibiotiques. Le traitement étant difficile, la vaccination serait une alternative intéressante.

i) Traitement antibiotique

On a vu précédemment que *M. bovis* avait une structure particulière, ce qui lui confère une résistance naturelle aux bêta-lactamines. Ils sont sensibles aux antibiotiques ayant une action sur la synthèse des protéines ou des acides nucléiques. Ce sont les fluoroquinolones, les macrolides (tylosine, tilmicosine), les cyclines (tétracycline, doxycycline), les aminosides (spectinomycine) et les phénicolés, mais on observe l'apparition de nombreuses résistances (39).

Du fait de leur croissance lente, l'antibiogramme standard n'est pas utilisable pour *M. bovis*. Ce sont généralement des études de détermination de CMI (concentration minimal inhibitrice) qui sont utilisées dans ces études d'antibiosensibilité. De nombreuses études ont été réalisées pour tester la sensibilité de différents antibiotiques sur *M. bovis*. En Belgique, la plupart des souches résistent à plusieurs antibiotiques habituellement utilisés pour traiter les affections respiratoires. La tiamuline (qui ne possède pas d'AMM en médecine bovine) et les fluoroquinolones étaient les antibiotiques efficaces contre la plupart des souches de cette étude (42). D'autres études montrent et confirment des résistances *in vitro*, particulièrement

aux macrolides (spectinomycine, tylosine, lincomycine) et aux tétracyclines (37). En revanche, les fluoroquinolones et en particulier l'enrofloxacin semblent garder une bonne efficacité sur *M. bovis* (43).

Il est difficile de comparer ces études entre elles alors que les conditions du test ne sont pas standardisées. De plus les conditions *in vitro* ne reflètent pas la diffusion tissulaire et cellulaire de l'antibiotique mais uniquement sa CMI. Les résultats de résistances ou de sensibilités sont donc à interpréter avec prudence (39).

ii) La vaccination

Aucun vaccin dirigé contre *M. bovis* n'est disponible en France. En effet la variabilité antigénique rend complexe la réalisation d'un vaccin efficace. La bactérie peut lors de l'infection échapper aux mécanismes immunitaires de l'individu en modifiant ses antigènes de surfaces. Il pourrait se passer la même chose lors de la contamination d'un animal vacciné, même si la souche infectieuse possède des antigènes communs avec la souche présente dans le vaccin. Des résultats ont été obtenus avec des souches atténuées de mycoplasmes, mais les connaissances et les études sont encore trop peu nombreuses dans ce domaine (35). Certaines études ont montré que le vaccin *M. bovis* avait une efficacité contre les BPIE et les arthrites en Europe. D'autres ont montré une exacerbation des signes cliniques respiratoires. La réponse vaccinale est variable selon les études car les vaccins diffèrent (souches, concentration en Ag, adjuvant) et les conditions expérimentales (*ie* : âge des veaux lors de la vaccination) ne permettent pas la comparaison. Aux Etats-Unis, des vaccins sont commercialisés pour la prévention de *M. bovis* mais aucun n'a d'indication pour les très jeunes veaux. Les études concernant leurs effets sont encore peu nombreuses. Une étude compare l'effet d'un vaccin commercialisé à un placebo sur des jeunes veaux. Il est montré que la vaccination n'a pas d'effet sur l'âge auquel les veaux recevront leur premier traitement contre *M. bovis*. Elle n'a pas non plus d'efficacité sur l'incidence des maladies respiratoires dans l'élevage, sur la mortalité ou le portage nasal de la bactérie (44).

3) Les différents facteurs de risques impliqués dans les BPIE

Le traitement des affections respiratoires avec *M. bovis* est compliqué. Aucun traitement ou moyen de prévention « miracle » n'est disponible aujourd'hui pour prévenir *M. bovis*.

La complexité des BPIE et leur caractère multifactoriel nous incite à étudier les facteurs de risques les plus importants dont la maîtrise permettrait de limiter leur impact en élevage de veaux en lots. En effet c'est dans cette filière que la multiplication des facteurs de risques en fait une maladie de forte ampleur. Certains sont liés à l'animal lui-même et à sa physiologie, d'autres à l'environnement de vie des animaux, à l'élevage, et à son fonctionnement. On

s'attachera plus particulièrement aux facteurs de risques contre *M. bovis*, qui est un élément important des épisodes infectieux dans cette filière (2).

a) *Facteurs de risques intrinsèques, prédisposant*

i) *L'appareil respiratoire des bovins*

Les bovins sont particulièrement sensibles aux maladies respiratoires à cause de l'anatomie et de la physiologie de leur appareil respiratoire. Leurs poumons ont un volume très réduit par rapport à leur poids corporel comparé à d'autres espèces comme le cheval ou le chien (figure 6). La surface d'échange alvéolaire est donc limitée et l'air respiré doit donc être le plus pur possible afin de maximiser les échanges de gaz.

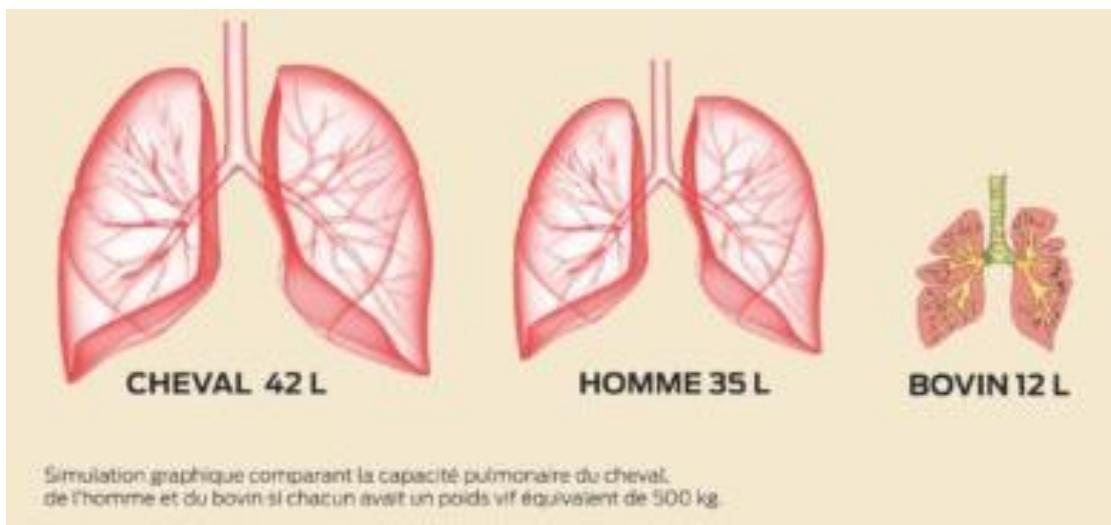


Figure 6 : Comparaison des capacités pulmonaires des bovins avec le cheval et l'homme, photo (45)

Les poumons sont très compartimentés, l'absence de circulation collatérale empêche la dissémination des agents pathogènes à l'ensemble des lobes mais lors d'une obstruction, c'est tout un lobe qui cesse de participer aux échanges respiratoires.

Les voies extra-thoraciques sont étroites, la résistance à l'écoulement de l'air nécessite alors plus d'énergie. Cela représente un coût énergétique 2 à 3 fois supérieur par rapport au chien (46). La circulation de l'air est plus rapide et va favoriser la pénétration dans les voies respiratoires profondes des agents bactériens mais aussi des particules, gaz et vapeurs toxiques en suspension dans l'air. Les réserves respiratoires sont limitées et en cas de difficultés respiratoires, les bovins auront d'autant plus de mal à faire face car ils mobilisent déjà une grande partie de leurs réserves en conditions physiologiques. L'énergie dépensée pour lutter contre les agents pathogènes est importante, les symptômes tels que l'anorexie, l'abattement apparaîtront plus vite que chez d'autres espèces.

Chez les jeunes veaux de quelques jours, et encore plus chez les veaux nés prématurément ou de manière dystocique, le surfactant qui empêche les alvéoles de se collapser entre elles, est insuffisant. La limite de résistance est plus rapidement atteinte. La maturité fonctionnelle des poumons ne sera pas atteinte avant 1 an (47).

La qualité de l'air est donc importante pour éviter un déséquilibre capable d'accentuer les difficultés respiratoires de l'animal. Les paramètres d'ambiances qui sont particulièrement surveillés sont le volume et la vitesse l'air ainsi que la température ambiante, tout en évitant les écarts jour/nuit trop important. S'y ajoutent l'hygrométrie et le taux d'ammoniac qui est un facteur favorisant par l'agression qu'il provoque sur les tissus respiratoires (48).

ii) L'immunité

En plus de ces handicaps anatomiques et physiologiques, il existe aussi un handicap immunitaire chez les veaux entre 2 semaines et 2 mois d'âge.

L'immunité locale de l'appareil respiratoire est peu développée chez les adultes et encore moins chez les veaux. Tous ces éléments entraînent donc une moins bonne réponse de l'organisme face aux agressions respiratoires chez les veaux (48).

Durant la première semaine de vie, le système immunitaire est capable mais il n'est pas préparé aux pathogènes : il est considéré comme immature. Lors des premières semaines de vie, la seule immunité est l'immunité maternelle transmise par le colostrum avec la présence d'IgG principalement. La prise colostrale est donc primordiale, mais souvent peu surveillée dans les races laitières, surtout chez les mâles. Les autres acteurs de l'immunité tel que les lymphocytes T ne sont pas encore efficaces (46). A l'âge de 2 ou 3 semaines, le taux d'AC maternel diminue mais l'immunité maternelle a pu empêcher l'immunité propre du veau de se mettre en place. Cette période de « trou immunitaire » rend le jeune veau particulièrement sensible à toute agression infectieuse, notamment respiratoires.

iii) Autres facteurs individuels

La sélection des bovins et la recherche de performances toujours plus hautes n'a pas été suivie d'une adaptation de leur métabolisme aérobie. Les bovins ayant une conformation bouchère sont plus pénalisés car le rapport entre la taille du poumon et la masse corporelle est encore plus réduite. La réserve d'air est d'autant plus faible (20).

b) Facteurs de risques extrinsèques

Les facteurs de stress comme la mise en lot, le transport ou la compétition, vont être des facteurs de déclenchement de la maladie. Celle-ci va aussi être favorisée par de nombreux facteurs environnementaux tel que la météo ou la densité animale par exemple.

i) Les facteurs de stress ; facteurs déclenchants

Le stress induit une immunosuppression par l'activation de l'axe hypothalamo-hypophysaire qui produit du cortisol. Les bovins seraient plus sensibles aux maladies respiratoires lorsque leur taux endogène de cortisol augmente. Il empêche les mécanismes de défense immunitaire de fonctionner correctement. Tout stress va donc être un facteur de risque supplémentaire pour le développement de maladies infectieuses (49).

Le transport, a une action stressante très rapide et de forte intensité. Plusieurs études synthétisées dans un article montrent des résultats différents sur l'impact du transport. Certaines montrent une corrélation entre le couple distance/durée du transport et la morbidité dû aux BPIE chez les veaux. D'autres études ne montrent pas réellement d'impact du transport mais plutôt celui du tri et du chargement. Le mode de transport (train, camion) ainsi que le confort (ventilation) montrent aussi une corrélation avec l'apparition des BPIE (29). Une étude réalisée sur un nombre de lots important aux Etats-Unis a montré une corrélation entre la durée du transport et la morbidité des maladies respiratoires (21).

Des recommandations relatives au transport existent afin d'améliorer le bien-être, ils peuvent limiter le stress lié à celui-ci. On peut ainsi espérer que ces normes permettent de diminuer l'apparition de maladies respiratoires liées au stress de transport. Selon la réglementation, depuis 2005 (règlement CE n°1/2005), il faut une surface d'au moins 0.30 m² pour les veaux, avec des entrées et des sorties d'air. Il est interdit de transporter des nouveaux nés ou des femelles gravides.

La mise en lot d'animaux d'origines différentes constitue un facteur de stress important pour les veaux. La morbidité et la mortalité des maladies respiratoires augmentent dans des lots d'origines mixtes, mais aussi lorsque mâles et femelles sont mélangés (20,11). La gestion des lots dans les élevages est une étape cruciale pour la santé des veaux. Le but est de constituer des lots les plus homogènes possibles afin qu'ils aient les mêmes besoins physiologiques et que les compétitions soient limitées. Le mélange d'animaux d'origines différentes va entraîner une augmentation de la contamination de l'environnement puis des veaux entre eux, par divers agents pathogènes. En effet les veaux ne sont pas compétents immunologiquement contre les espèces de pathogènes des autres origines. Il a ainsi été montré que le mélange d'animaux de provenance différentes ainsi que la présence d'au moins un individu séropositif au sein des lots constituaient un facteur de risque pour la séroconversion, donc la diffusion de *M. bovis* (50).

A la mise en lot et pendant le transport, l'accès à l'eau et à l'alimentation peuvent être restreints, ce qui induit un stress supplémentaire car les veaux sont très sensibles à la déshydratation. Des réhydratants sont souvent donnés aux veaux à leur arrivée.

Il est quasi systématique qu'ils passent dans des centres de tris avant d'arriver dans l'élevage d'engraissement afin d'homogénéiser les lots ou de fractionner le transport. Cette pratique est à limiter au maximum quitte à ce que les lots soient un peu moins homogènes car elle entraîne un mélange supplémentaire en ajoutant un stade de stress et des sources de contamination. Il est recommandé de remplir le bâtiment en une seule fois avec des animaux de la même classe d'âge (21). Cela permettrait aussi de limiter la compétition entre les veaux.

ii) *Les facteurs environnementaux favorisant l'infection*

L'ambiance et la conduite du bâtiment vont influencer l'apparition de maladies respiratoires et favoriser le développement de certains pathogènes.

La densité animale en lien avec le manque de ventilation et la poussière vont augmenter la possibilité pour un animal naïf d'être contaminé *via* les aérosols ou un animal malade. L'orientation du bâtiment par rapport aux vents dominants et à l'ensoleillement vont influencer la température et l'hygrométrie, donc en partie l'ambiance du bâtiment. L'agencement intérieur du bâtiment par le cloisonnement va influencer le système de ventilation. L'éleveur doit contrôler ces différents facteurs dans leur ensemble, en limitant la densité animale. La qualité de désinfection du bâtiment après chaque bande a un intérêt particulier pour *M. bovis* qui peut résister dans l'environnement grâce aux biofilms.

Les systèmes de ventilation sont souvent des systèmes de ventilation avec extraction dynamique de l'air. La ventilation est un moyen de prévention très important pour les problèmes respiratoire car les veaux sont particulièrement sensible aux courants d'air (19).

De nombreux gaz sont nocifs pour les poumons mais le plus toxique et le plus fréquemment impliqué est l'ammoniac. Peu d'études sont réalisées sur les bovins mais il semble que les effets soient les mêmes que chez les autres animaux. A des taux de 23 et 32mg/m³ d'ammoniac dans le bâtiment, une inflammation pulmonaire est démontrée, avec une augmentation de l'activité des macrophages et des taux de neutrophiles important dans des lavages bronchoalvéolaires. Une action irritative sur les muqueuses de l'appareil respiratoire supérieur a aussi été démontrée avec l'observation d'une augmentation de larmes et de toux chez les animaux à de fortes concentrations d'ammoniac (51). On cherche alors à diminuer le taux d'ammoniac par le renouvellement de la litière et une ventilation adaptée.

La saison d'arrivée des veaux dans l'élevage semble montrer des différences. Les veaux arrivant en hiver ont moins de troubles respiratoires que ceux arrivant à l'automne (19), une étude montre que 80% des cas de BPIE ont lieu entre novembre et février . Mais il n'a pas été

prouvé que la météorologie avait un impact direct sur l'apparition des BPIE (18). En effet, l'automne est souvent la période où sont mis en place les lots, il y a donc de nouveaux pathogènes en circulation, et une contamination plus importante. Plusieurs auteurs ont suggéré que les changements importants de températures avaient plus d'impact sur les BPIE qu'un froid constant (29).

iii) *Facteurs liés aux modes d'élevages favorisant l'infection*

Les différents types de production n'avaient pas le même risque de développer des maladies respiratoires, les élevages laitiers sont plus touchés que les élevages allaitants. Cette tendance est probablement due aux différentes pratiques d'élevage et différents modes de logements. Il a aussi été montré que les élevages de plus grandes tailles avaient un taux de morbidité due aux BPIE significativement plus important (18). Cela pourrait être dû au contact d'un grand nombre de veaux d'âges différents entre eux (26).

Le risque relatif des modes d'alimentation et de logements a aussi été évalué dans l'apparition de différentes maladies. Les veaux nourris à l'aide d'un DAL avec une tétine commune ont un risque plus important que les veaux nourris aux seaux individuels de développer une ou plusieurs maladies dont des pneumonies au cours de la durée d'élevage. Nous pouvons mettre cet effet en relation avec l'existence d'une contamination orale possible pour *M. bovis* (52). Cependant, d'autres études montrent que l'usage des seaux en début d'élevage augmente le risque d'apparition de signes cliniques tel que la toux, pouvant être lié à l'absence de tétée et le risque de fausse déglutition (14,19). Le mode de distribution d'eau peut aussi constituer un facteur de risque, une distribution d'eau *ad libitum* augmente le risque car les veaux jouent avec l'eau ce qui peut créer un environnement froid et humide (19).

Une autre étude a montré que lorsque le nombre de mètres carré par veaux augmentait, le risque d'apparition de signes cliniques respiratoire augmentait lors des premières semaines d'élevages. Cela a été rapproché d'une augmentation de l'activité des veaux, qui les exposerait de manière plus importante à la poussière dont l'inhalation provoquerai une irritation du système respiratoire supérieur. L'usage des « baby box » en début d'élevage réduit l'incidence des écoulements nasaux et de la toux, le logement individuel réduit la dissémination des agents pathogènes entre les veaux (19).

Le type de sol constitue aussi un facteur de risque, dans une étude, les veaux logés sur de la paille avaient plus de risque de développer des BPIE, que ceux logés sur du béton. Si la paille a un meilleur confort et une meilleure isolation, elle augmente le risque d'inhalation de poussières par le veau, voire de lésions nasales par la méthode de paillage mécanique de plus en plus souvent utilisée (19).

Les compétences de l'éleveur et son comportement avec les animaux ont un impact sur l'état sanitaire du troupeau. Ainsi, les éleveurs moins expérimentés ont des veaux dont les écoulements nasaux sont plus importants à la fin de la période d'engraissement (19). Un éleveur connaissant son élevage sera sans doute plus à même de détecter les veaux malades. Il les prendra en charge et les isolera rapidement afin de limiter les contaminations, et maîtrisera les facteurs de risque du bâtiment comme on l'a vu précédemment. Le temps dédié à l'observation des animaux ne doit pas être négligé et c'est aussi le rôle du vétérinaire et du technicien d'observer l'ensemble des animaux lors des visites dans l'élevage.

Le déclenchement des BPIE résulte de l'interaction entre ces différents facteurs de risques, favorisant ou déclenchant. Chacun a une part plus ou moins importante en fonction de l'individu et de l'élevage (figure 7).

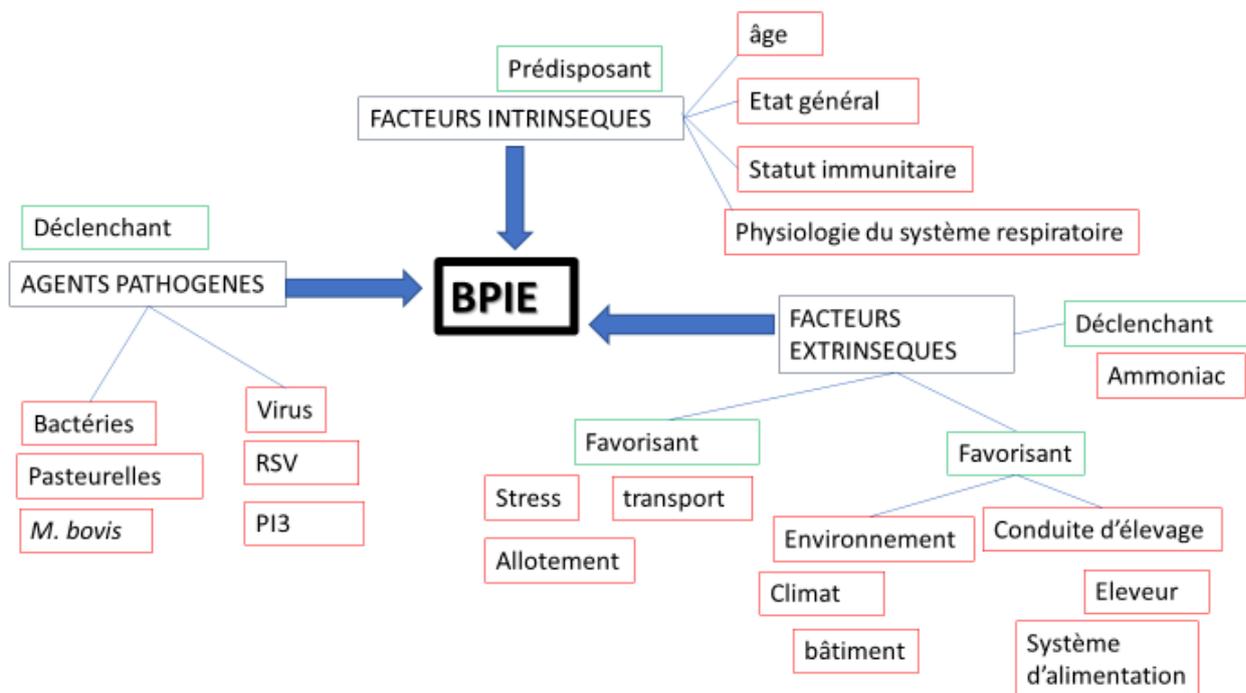


Figure 7 : Schéma bilan des facteurs de risques des BPIE bilan des facteurs de risques des BPIE

Dans les élevages de veaux de boucherie, les BPIE constituent un problème majeur. Il a été montré par plusieurs auteurs la présence de nombreux facteurs de risque dans ces élevages. *Mycoplasma bovis* est un pathogène encore peu connu mais qui a une prévalence importante dans les BPIE. Son traitement et son diagnostic sont difficiles, les moyens de lutte contre ce pathogène sont donc limités. Sa variabilité antigénique et sa résistance en font un pathogène complexe et rendent son étude compliquée. L'implication réelle et les facteurs de risques spécifiques de ce pathogène au sein de BPIE chez les veaux de boucherie pourraient inciter à mettre en place des préventions mieux orientées.

Partie 2 : Etude expérimentale

I- Introduction

On a pu voir dans l'étude bibliographique que *M. bovis* est un agent pathogène qui participe de façon importante au complexe respiratoire bovin en association avec d'autres agents pathogènes. Les problèmes respiratoires engendrés sont importants chez les veaux de boucherie, chez lesquels l'élevage en lots favorise encore plus que chez les taurillons la dissémination de *M. bovis*. Cet agent est plus résistant aux antibiotiques que les *Pasteurellaceae*, souvent impliqué dans les affections chroniques. Ce qui risque de générer un surcoût en termes d'usage d'antibiotiques et d'autres traitements pour les éleveurs. Ces données nous ont amené à nous intéresser particulièrement à l'impact sanitaire de *M. bovis* et aux éléments de sa maîtrise au sein des élevages de veaux en lots.

Les facteurs de risque sont multiples et il nous a paru important de travailler sur ceux qui étaient actuellement reconnus spécifiquement pour l'infection à *M. bovis*. Ainsi, la taille du lot a été identifiée dans plusieurs études comme un élément facilitant la diffusion de *M. bovis* (39). La taille des lots a d'abord été identifiée comme un facteurs de risque des maladies respiratoire en général chez le veau (26). Ensuite, du fait de la faible séroprévalence de *M. bovis* chez le veaux laitier (2), le risque d'introduire un élément séropositif, moteur de contamination augmente d'autant plus nettement avec la taille du lot à sa constitution (50). De même, la reproduction de l'infection après une contamination orale par le lait nous indique que la nutrition *via* un DAL peut être une source de contamination pour *M. bovis* en élevage de veaux (38),(14).

Du fait de la faible séroprévalence chez le jeune veau, le taux de séroconversion au sein des lots étudiés semble un bon reflet de la circulation de cet agent pathogène dans l'élevage (2). Elle permet de définir une réponse à l'infection et indique donc la présence ou non de l'agent pathogène chez l'hôte.

L'usage des antibiotiques dans les élevages industriels est plus important que dans d'autres productions et l'objectif actuel dans le monde vétérinaire est de diminuer leur utilisation. Toutes les actions qui peuvent diminuer cette consommation sont ainsi profitables à la santé publique. *M. bovis* arbore de nombreuses résistances possiblement à l'origine d'échecs de traitement. Il est également capable d'échapper à la réponse inflammatoire, voire d'entraîner des lésions abcédatives, responsables de la chronicité de l'infection et de la clinique. Les moyens de lutte contre *M. bovis* seront d'autant mieux acceptés s'ils s'accompagnent d'une réduction de l'usage des antibiotiques. Il est donc nécessaire d'étudier en parallèle de l'action de la taille ou du mode d'alimentation sur la diffusion de *M. bovis*, leur impact sur la consommation d'antibiotiques. On s'attend à un usage plus important des antibiotiques en cas de diffusion importante de *M. bovis*.

Dans cette étude nous avons donc étudié la diffusion de *M. bovis* et la consommation d'antibiotiques dans des lots de veaux de boucherie de petite et grande taille, nourris par DAL ou au seau, ce dernier étant considéré comme une « tétine non partagée ».

II- Matériels et méthode

1) Populations étudiées

Nous avons suivi des lots de veaux constitués en hiver dans les régions Rhône-Alpes (en 2013) et du grand ouest (Bretagne et Pays de Loire en 2017 et 2018). Tous ces lots de veaux étaient assemblés en élevage en une fois (sur 1 à 3 jours), après collecte en élevage naisseur, transport et passage par un centre de tri régional. Ces lots étaient constitués de veaux qui avaient entre deux et cinq semaines d'âge, essentiellement mâles laitiers. Quelques lots étaient constitués de veaux croisés ou de race allaitante, sans que le mode d'élevage ne soit modifié.

En 2013, les lots de veaux qu'on appellera « veau sevrage » amenaient les veaux laitiers (essentiellement de races Tarine et Montbéliarde) de 15 jours d'âge au sevrage en 2 mois, pour un engraissement ultérieur en taurillons. Ces veaux étaient nourris au DAL (Distributeur Automatique de Lait) avec une restriction en lait après le premier mois. Tous les élevages étaient sur aire paillée. Cette étude était une pré-étude dédiée à préciser les conditions de réalisation et les prélèvements à considérer pour notre étude.

En 2017 et 2018, les élevages étaient des élevages de « veaux de boucherie » classique avec engraissement sur quatre à cinq mois après constitution du lot, exclusivement nourris au lait. L'étude était financée dans le cadre du plan EcoAntibio 2012-2017.

Ces élevages étaient de tailles variables (entre 22 et 519 veaux). Aucun changement de lot n'a été effectué pendant la période de suivi. Les élevages ont été sélectionnés sur leur système d'alimentation, « DAL » (tétine partagée) ou « seau » (individuel). La taille de l'élevage était déterminée par le nombre de veaux présents dans le lot à la mise en lot. Les élevages de plus de 50 veaux sont considérés comme « grands » sinon ils sont « petits », ce seuil est choisi de manière arbitraire.

Les éleveurs volontaires, avaient accepté de remplir et restituer leur carnet sanitaire, afin de renseigner les animaux malades, le type de troubles observés au cours de la durée d'élevage, et les traitements entrepris.

Conditions d'exclusions : Un lot mis en place sur une période supérieure à deux jours ne pouvait être inclus. Un élevage qui n'avait pas rempli le carnet sanitaire, ou ne pouvait le rendre accessible, était exclu.

Un même élevage pouvait avoir plusieurs lots suivis, à la condition qu'il y ait absence de contact direct entre les lots et qu'ils n'aient pas été constitués en même temps. Dans le cas contraire, le lot était constitué de toutes les salles remplies dans la période de deux jours et en contact. Chaque lot était identifié par un code à 2 ou 3 lettres.

2) Prélèvements sérologiques et analyses des prélèvements

a) *Animaux prélevés*

Dans chaque élevage 10 veaux « veau de boucherie » et 15 veaux « veau sevrage » ont été prélevés par tirage au sort aléatoire sans remise des cartons d'identification. Lorsqu'un veau est mort, il n'a pas été remplacé. A l'introduction, chaque veau a été examiné pour déterminer que seuls des veaux en bon état de santé apparente entrent dans l'étude. Les informations de race et d'âge des veaux étaient renseignés à l'observation des cartons. Le poids moyen individuel était calculé par le poids du lot divisé par le nombre total d'animaux dans le lot.

b) *Période et mode de prélèvement*

Trois périodes ont été déterminées pour le suivi de l'étude. Les prélèvements pour le suivi de la séroconversion ont eu lieu à T0, moment de la mise en place du lot, et à T2, quatre à cinq semaines après un épisode respiratoire collectif. T1 correspond au pic de maladie respiratoire dans l'élevage qui a entraîné la mise en place d'un traitement d'antibiothérapie collectif (métaphylaxie) sur l'ensemble du lot. Dans le cas où l'élevage n'a pas eu de traitement collectif, les prélèvements T2 ont été réalisés environ 6 semaines après T0 (introduction du lot).

Les prélèvements sanguins ont été réalisés sur tube sec en T0 et T2, par le vétérinaire traitant ou le technicien de l'élevage. Les sérums ont été séparés avant envoi au laboratoire de l'ANSES à Lyon.

c) *Analyse des sérums et interprétation*

L'analyse sérologique a été réalisée avec le kit ELISA BioX K302 (Bio-X Diagnostics S.A, Belgique). Les analyses ont été faites après réception des deux séries de prélèvements (T0 et T2) d'un même élevage. Cela permettait de faire les analyses d'un élevage sur la même plaque pour limiter la variabilité inter-plaque. Les analyses ont été faites en respectant le protocole conseillé par le fabricant.

Deux témoins positifs et deux témoins négatifs ont été réalisés pour chaque plaque. Cela a permis d'évaluer la variabilité intraplaque.

Pour chaque sérum, nous avons calculé le coefficient de l'échantillon grâce à la valeur de densité optique obtenue ainsi que celle des témoins. Ce coefficient est un pourcentage qui nous permet de déterminer le niveau de positivité de l'échantillon. Les densités optiques des témoins utilisées sont les moyennes des deux témoins positifs et des deux témoins négatifs de chaque plaque.

$$\text{Coef éch} = \frac{\text{DO échantillon} - \text{DO sérum négatif}}{\text{DO sérum positif} - \text{DO sérum négatif}} \times 100$$

Le niveau de positivité des échantillons a été calculé grâce à un système de croix (tableau IV). Le kit BioX bicupule K260 (BioX-Diagnostics S.A, Belgique), après confirmation par le fabricant de l'équivalence des deux kits, indique que la séroconversion est définie lorsque l'accroissement est de deux croix entre les valeurs des coefficients des deux prélèvements (*i.e.* + → +++ ou ++ → ++++)

Tableau IV : correspondance entre le coefficient de l'échantillon et le système de croix

0		+		++		+++		++++		+++++
Val ≤	37 %	< Val ≤	60 %	< Val ≤	83 %	< Val ≤	106 %	< Val ≤	129 %	< Val

Nous avons exprimé le taux de séroconversion dans le lot comme le pourcentage de veaux (parmi les 10 ou 15 étudiés au départ) ayant séroconverti avec une variation de coefficient supérieure ou égale à deux croix entre T0 et T2 dans le lot. Les élevages avec un taux de séroconversion supérieur à 20% pour *M. bovis* ont été considérés comme ceux dans lesquels *M. bovis* est impliqué dans l'épisode de maladie respiratoire, comme cela est suggéré par Arcangioli et *al.* pour le virus PI3 (2), on appellera ces élevages « malades ».

3) Données de suivi

a) Informations sur l'élevage

Une feuille d'information expliquant le protocole de l'étude de manière synthétique a été fournie à l'éleveur au moment du premier prélèvement (annexe 2). Une fiche d'identification de l'élevage (annexe 3) remplie par le vétérinaire renseignait l'adresse de l'élevage, son numéro de téléphone pour le suivi au cours de l'étude. Les informations concernant le bâtiment (taille, ventilation, température, nombre de places...), le lot et sa mise en place (nombre de veaux, race, poids moyen), son système d'alimentation et les traitements (adjuvant, vaccin) effectués à l'introduction devaient aussi être précisées. C'est cette même fiche qui a servi de fiche de prélèvement pour le premier prélèvement (T0). Les numéros à 10 chiffres des veaux prélevés devaient être inscrits ainsi que leur date de naissance.

b) Recueil des données thérapeutiques et analyse

Les données sanitaires de l'élevage devaient être transmises par l'éleveur, ainsi que la description de tous les traitements collectifs et individuels (nom du traitement, durée,

numéros des veaux traités pour les traitements individuels). Un carnet sanitaire était fourni à l'éleveur si besoin (annexe 4). Il pouvait aussi transmettre son propre carnet sanitaire.

Pour les traitements, l'unité de mesure utilisée était le nombre de traitements par veau. Le nombre total de traitements dans le lot a été calculé et rapporté au nombre de veaux dans le lot considéré. Les traitements pris en compte étaient les antibiotiques et anti inflammatoires. Tous les veaux traités du lot ont été pris en compte. Les administrations successives ininterrompues d'une spécialité par voie orale, ainsi que certaines injectables à administrer plusieurs jours consécutivement selon les recommandations d'usage, ont été comptées comme un seul traitement. Un traitement pouvait correspondre à un traitement anti inflammatoire seul, antibiotique seul ou un antibiotique et un anti inflammatoire associés. Les associations d'antibiotiques étaient comptabilisées comme deux traitements lorsqu'il s'agissait de deux familles différentes. Les traitements sans indication pour les troubles respiratoires (*i.e.* EstocelanND), n'étaient pas pris en compte, de même que les compléments alimentaires, les antiparasitaires, les antibiotiques par voie orale sans passage de la barrière digestive (*i.e.* colistine), ou lorsque l'utilisation était spécifiée sur le carnet sanitaire pour une indication non respiratoire (*i.e.* omphalite).

4) Analyse des données

Des analyses statistiques ont été réalisées afin d'estimer les effets de différents facteurs de risque (type d'élevage, mode d'alimentation, taille de l'élevage, présence de séropositifs à l'introduction), ainsi que l'impact de la présence de *M. bovis* sur la consommation d'antibiotiques. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R 3.4.2 (53) en prenant le seuil de 0.05 pour le risque de première espèce.

Nous avons vérifié que la différence de traitement chez les veaux « boucherie » et chez les veaux « sevrages » était négligeable à l'aide d'un test paramétrique de Student.

Nous avons cherché si les principales variables explicatives testées (mode d'alimentation, taille de l'élevage, présence de séropositifs à l'introduction) étaient liées entre elles, ce qui pourrait aboutir à des phénomènes de confusion. Nous avons pour cela réalisé un test de chi² d'indépendance qui permet de tester l'indépendance entre deux variables, ou un test exact de Fisher lorsque les effectifs étaient insuffisants.

Pour l'analyse des facteurs de risque, la variable à expliquer est la présence ou l'absence de séroconversion chez chaque veau, en utilisant des données groupées dans chaque élevage. Du fait de cette variable en présence/ absence, nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé, le modèle logistique, avec une distribution d'erreur binomiale. Les variables explicatives sont le mode d'alimentation (DAL ou seau), la taille de l'élevage (nombre de veaux dans le lot considéré), le type d'élevage (boucherie ou sevrage) et la présence d'animaux séropositifs à l'introduction.

Nous avons utilisé le test paramétrique de Student afin de comparer les taux de séroconversion au sein des groupes « DAL » et « seaux ». Le nombre de veaux dans le lot est exprimé en échelle logarithmique afin d'avoir une meilleure représentation en regroupant les valeurs extrêmes, et pour faciliter la visualisation d'une relation davantage linéaire (figure 8).

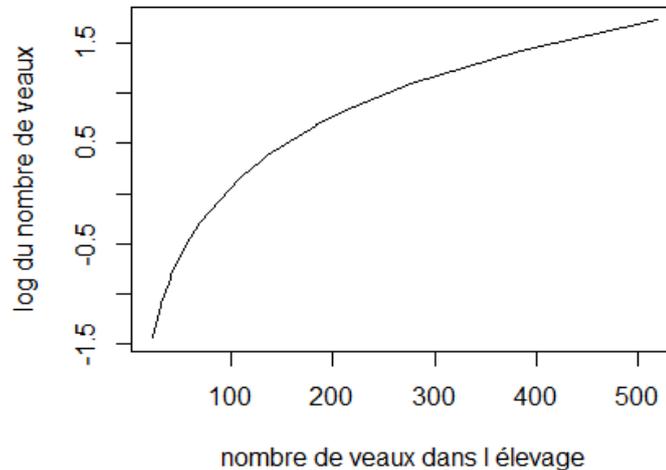


Figure 8: Correspondance du nombre de veaux avec l'échelle logarithmique

Ce modèle a permis d'analyser la présence ou l'absence de séroconversion en prenant en compte les différentes variables explicatives, les facteurs de confusion ainsi que leurs interactions. Compte-tenu du déséquilibre du jeu de données, nous avons fait des analyses séparées pour les grands élevages (effet du mode d'alimentation) et pour les élevages au DAL (effet de la taille et du type d'élevage), dans chaque cas, on n'a donc eu que peu de modèles à comparer. Plusieurs modèles étaient possibles, nous les avons comparés, pour en choisir un et l'analyser. L'effet de chaque variable a été testé par le test de Wald, qui teste la nullité du paramètre correspondant : lorsqu'une variable a un effet fort, le paramètre correspondant est significativement différent de 0. La taille d'effet correspondant à chaque variable est mesurée par l'odd-ratio (OR), qui donne une estimation du risque relatif lié à chaque variable.

Pour l'analyse de la consommation d'antibiotique, nous avons utilisé un modèle linéaire simple, qui a permis de modéliser le nombre de traitements par élevage (variable à expliquer) en fonction d'une ou plusieurs variables explicatives qualitatives (mode d'alimentation) ou quantitatives (séroconversion, taille de l'élevage). Différents modèles linéaires simples ont été comparés, en prenant comme variable explicative le taux de séroconversion pour *M. bovis*, la taille, le type d'élevage et l'association des trois. L'analyse et la comparaison de ces modèles a été faite avec le test de Wald en testant la nullité du coefficient associé au modèle, et le coefficient de détermination (r^2) qui exprime le pourcentage de variance expliqué par chaque facteur pris en compte dans le modèle.

III- Résultats

1) Analyse de la population

Dans l'étude « veau de boucherie », 19 élevages ont pu être étudiés dont 7 grands/DAL, 4 petits/DAL, 7 grands/seaux, et 1 petit/seaux. Afin de compléter ces données, les résultats des 7 élevages de l'étude « veau sevrage » ont été intégrés à l'étude, 5 « petits », et 2 « grands », tous avec un système DAL (tableau V).

Tableau V : Nombre total d'élevages intégrés dans l'étude

	Grands	Petit	Total
DAL	9	9	18
Seau	7	1	8
Total	16	10	26

Six élevages ont été exclus de l'étude soit par manque d'information concernant les traitements administrés, soit par non-respect du protocole.

Pour l'étude des facteurs de risque, tous les facteurs potentiels n'ont pas pu être pris en compte simultanément dans le même modèle. Dans notre étude, nous n'avions que 10 élevages de petite taille, principalement au DAL. L'impact du mode d'alimentation a été analysé dans les grands élevages où nous avons comparé les 9 élevages utilisant le DAL aux 7 utilisant le seau. De la même manière, le nombre insuffisant d'élevages au seau (8 élevages) nous a amené à étudier l'impact de la taille de l'élevage en prenant uniquement les élevages nourris aux DAL (9 petits, 9 grands).

Dans les élevages avec un système d'alimentation au DAL, il existe deux modes d'élevages « sevrage » et « boucherie ». Pour l'analyse de la taille de l'élevage, le plan d'expérience est équilibré (tableau VI). Nous n'avons étudié cette différence que dans les élevages avec DAL car il n'y avait pas d'élevage « sevrage » nourri au seau.

Tableau VI : Répartition des veaux nourris au DAL selon leurs modes d'élevage

	Grands	Petits
Boucherie	7	4
Sevrage	2	5

2) Données collectées

Un total de 3415 veaux répartis dans 26 élevages a été étudié. La taille moyenne des lots était de 131,35 veaux avec un écart-type (standard deviation ou SD) de 120,24. L'ensemble des données collectées dans les élevages sont résumé en annexe 5.

A l'introduction, l'âge des veaux variait entre 2 et 6 semaines. Nous avons constaté des différences de plus de 4 semaines entre les veaux d'un même lot, mais ces données n'étaient renseignées que pour un petit nombre d'élevages.

Les poids moyens des veaux à l'introduction ainsi que les races sont reportés dans le tableau VII. Certains élevages étaient en race laitière, d'autre en races croisées laitières et allaitante.

Le pic de maladie a eu lieu entre 5 et 22 jours après la mise en lots des veaux. Les signes cliniques relevés au moment du pic de maladie ont été de l'hyperthermie, de la toux, du jetage, des otites, de l'abattement, une augmentation de la fréquence respiratoire ou une modification de la courbe respiratoire et de l'essoufflement. Le jetage a été rapporté dans la majorité des cas juste avant l'abattement. Deux élevages (sur 26) n'ont mis en place aucun traitement collectif pour une maladie respiratoire au cours de la période d'engraissement (les élevages GU et GA).

Tableau VII : données récoltées sur les caractéristiques de l'élevage

Nom de l'élevage	Nombre de veaux	Système d'alimentation	Poids moyen (Kg)	Taille du lot	Nombre de veaux prélevés a T2
LEP	519	DAL	45	grand	10
AP	220	DAL	53	grand	9
ME	207	DAL	42	grand	10
NE	183	DAL	54	grand	10
GE	130	DAL	78	grand	10
CA2	110	DAL	45	grand	10
CA	109	DAL	45	grand	9
VEI	70	DAL	51	grand	15
ESPA	60	DAL	55	grand	15
ESPC	40	DAL	50	petit	15
PE	50	DAL	60	petit	10
HO	41	DAL	60	petit	10
VERA	40	DAL	54	petit	14
VERB	40	DAL	56	petit	15
MONA	40	DAL	57	petit	15
GU	38	DAL	55	petit	9
RO	31	DAL	58	petit	9
ESPB	30	DAL	52	petit	14
HA	108	seaux	75	grand	10
FO	220	seaux	52	grand	10
CAM	384	seaux	52	grand	10
CAS	276	seaux	50	grand	10
OL	184	seaux	54	grand	9
MA1	135	seaux	48	grand	9
LE	128	seaux	66	grand	10
GA	22	seaux	60	petit	10

3) Séroconversion

Pour les analyses sérologiques, 287 veaux ont été prélevés, soit 8,3% des veaux. Parmi eux, 8 veaux étaient séropositifs lors du premier prélèvement, répartis dans 6 élevages différents (LEP, ME, CA2, CAM, MA1, GA) dont 5 étaient de grande taille (plus de 50 veaux). Au moment de l'introduction des veaux dans l'élevage (T0) la prévalence de séropositivité était de 2,79%, avec un intervalle de confiance : 1,21-5,42% (tableau VIII).

Les résultats des taux de séroconversion sont présentés dans le tableau VIII. Un peu plus de la moitié des élevages (57,69%) ont eu un taux de séroconversion à *M. bovis* supérieur à 20% (en rouge dans le tableau).

Tableau VIII : Taux de séroconversion observés

Nom de l'élevage	Taille de l'élevage	Nombre de veaux ayant séroconverti	Nombre de veaux prélevés	Séroconversion (%)	Malades (SC>20%)	Séropositif à l'introduction
GA	22	7	10	70	1	1
ESPB	30	0	14	0	0	0
RO	31	2	9	22,2	1	0
GU	38	1	9	11,1	0	0
ESPC	40	2	15	13,3	0	0
VERA	40	3	14	21,4	1	0
VERB	40	5	15	33,3	1	0
MONA	40	1	15	6,67	0	0
HO	41	0	10	0	0	0
PE	50	1	10	10	0	0
ESPA	60	3	15	20	1	0
VEI	70	10	15	66,7	1	0
HA	108	1	10	10	0	0
CA	109	4	9	44,4	1	0
CA2	110	3	10	30	1	2
LE	128	0	10	0	0	0
GE	130	0	10	0	0	0
MA1	135	1	9	11,1	0	2
NE	183	5	10	50	1	0
OL	184	1	9	11	0	0
ME	207	3	10	30	1	1
AP	220	9	9	100	1	0
FO	220	3	10	30	1	0
CAS	276	3	10	30	1	0
CAM	384	6	10	60	1	1
LEP	519	5	10	50	1	1
Totaux	3415	79	287	28,12	15/26	8

Quatre élevages n'ont aucun animal ayant séroconverti au cours de la durée d'engraissement (LE, ESPB, HO, GE).

4) Facteurs de risque

Les facteurs de risque principaux auxquels nous nous sommes intéressés dans cette étude ont été la taille de l'élevage et le mode d'alimentation (tétine partagée : DAL, ou non partagée : seaux). Les autres facteurs analysés dans les élevages ont été le type d'élevage

(boucherie ou sevrage), et la présence d'animaux séropositifs au moment de l'introduction dans l'élevage.

Effet du mode d'élevage

Dans les élevages nourris au DAL, le mode d'élevage « sevrage » ou « boucherie » n'a pas eu d'incidence significative sur le taux de séroconversion ($p = 0,205$). En revanche, lorsque l'on inclut la taille de l'élevage dans le modèle, on a observé une tendance ($p = 0,056$) des élevages « sevrage » à avoir une séroconversion plus importante.

Effet de la présence d'animaux séropositifs à l'introduction

La présence d'animaux séropositifs à l'introduction a eu un effet significatif sur le taux de séroconversion dans l'élevage, et le risque de séroconversion pour *M. bovis* est 2,37 fois plus élevé en présence de séropositifs à l'introduction (OR = 2,37 [1,29 ;4,31], $p = 0,005$). Nous avons donc inclus cette variable dans les modèles testés pour les autres facteurs de risque. Cependant, ce facteur n'avait plus d'impact significatif sur le taux de séroconversion une fois les autres facteurs (notamment la taille d'élevage) pris en compte. Seule une tendance a été montrée ($p = 0,078$), plus on a de séropositivité à l'introduction, plus la séroconversion à *M. bovis* semble augmenter.

Effet du mode d'alimentation

Lorsqu'on analyse tous les élevages (petits et grands), dans les élevages nourris au DAL, le taux de séroconversion moyen était de 28,3%, alors que dans les élevages nourris aux seaux, il était de 27,8%. La représentation graphique (figure 9) montre qu'il n'y a pas de différence nette entre ces deux modes d'alimentation lorsque l'on prend tous les élevages indépendamment de leur taille. Le modèle expliquant la séroconversion par le mode d'alimentation donne une p-value du test de Wald de 0,875, il n'y a pas d'effet significatif du mode d'alimentation sur la séroconversion.

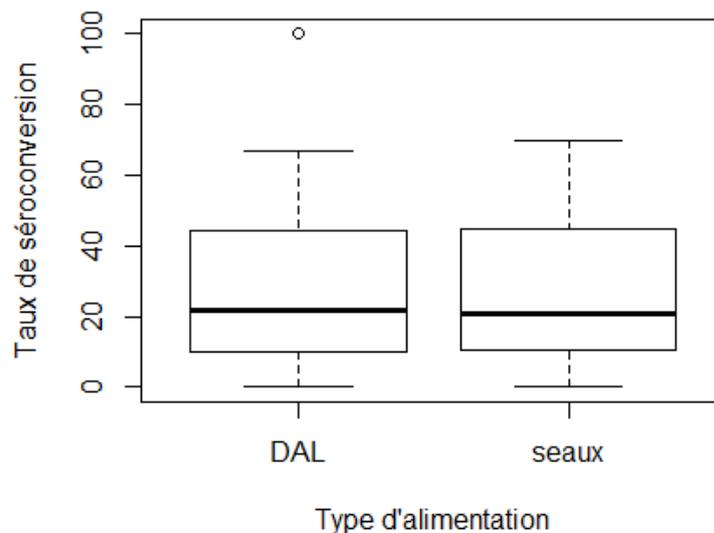


Figure 9 : Représentation de la séroconversion au sein des élevages en fonction de leur type d'alimentation pour l'ensemble des 26 élevages.

Lorsque l'on étudie uniquement les grands élevages, la distribution des taux de séroconversion varie en fonction de l'alimentation (figure 10). L'analyse statistique a confirmé cette différence ($p = 0,006$). Avec un odds-ratio de 2,65 [1,34 – 5,46]. Le taux de séroconversion était significativement plus élevé dans les grands élevages nourris aux DAL (43,45%) par rapport aux grands élevages nourris aux seaux (21,72%) avec une estimation de 2,65 fois plus de risque dans les élevages nourris au DAL.

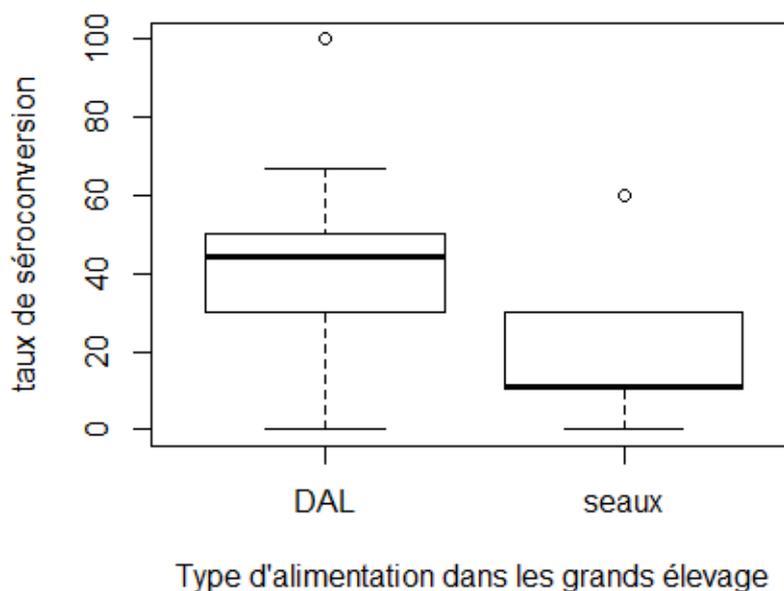


Figure 10 : Représentation de la séroconversion au sein des « grands » élevages en fonction de leur type d'alimentation.

Effet de la taille d'élevage

Le nombre d'animaux ayant séroconverti a augmenté de manière significative lorsque la taille de l'élevage augmente (OR = 1,60 [1,17 ; 2,20], $p = 0,003$) (figure 11). Dans les élevages avec une alimentation au DAL, cet effet a été plus marqué (OR = 2,5 [1,68 ; 3,80], $p < 0,001$) (figures 12 et 13).

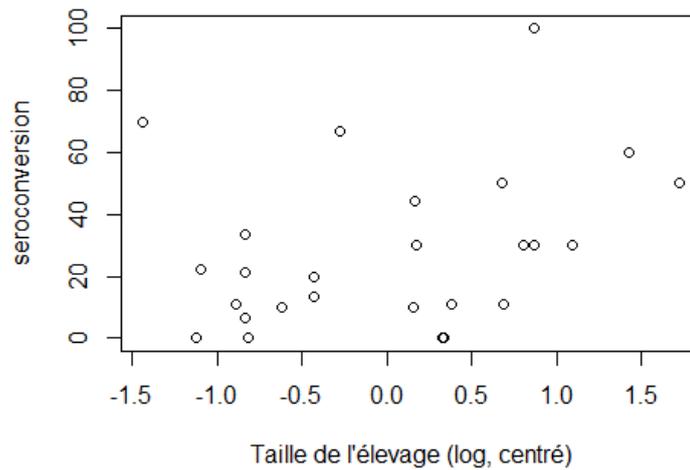


Figure 11 : Influence de la taille de l'élevage (en log) sur la séroconversion chez tous les élevages

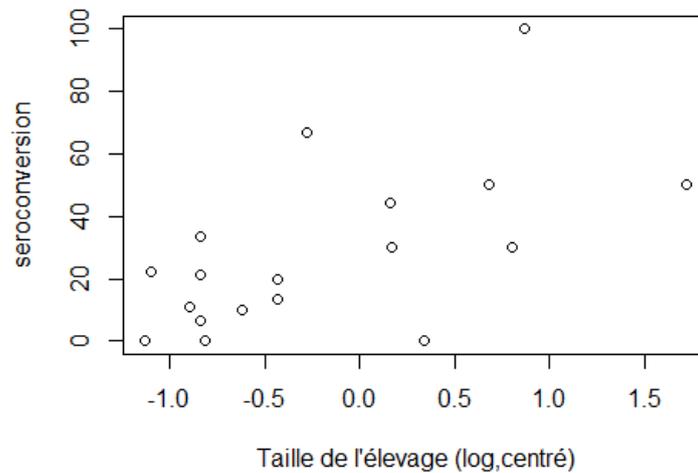


Figure 12 : Influence de la taille de l'élevage (en log) sur la séroconversion chez les élevages nourris au DAL

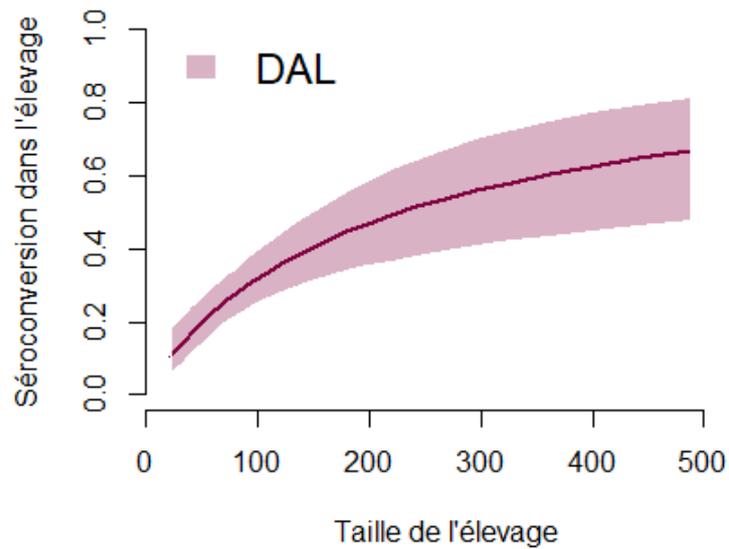


Figure 13 : modélisation de l'évolution de la séroconversion en fonction de la taille de l'élevage.

5) Facteurs de risque de l'utilisation d'antibiotiques

En moyenne, les veaux ont reçu $3,93 \pm 2,06$ (SD) traitements dont $3,84 \pm 2,01$ (SD) traitements antibiotiques au cours de la durée d'étude. Parmi les traitements antibiotiques, $3,42 \pm 1,98$ (SD), soit la grande majorité, ont été administrés de manière collective (tableau IX).

Tableau IX : Synthèse des traitements dans chaque élevage en nombre de traitement par veau

Nom de l'élevage	Nombre de traitements totaux par veau	Nombre de traitements antibiotiques par veau	Nombre de traitements antibiotiques collectifs
LEP	7.13	7.13	7
AP	6.78	6.62	6
ME	5.13	5.13	5
NE	6.57	6.57	6
GE	6.4	5.33	5
CA2	4.9	4.9	4
CA	5.22	5.22	5
VEI	4.2	4.2	4
ESPA	2.4	2.4	2
ESPC	3.75	3.75	1
PE	1.38	1.06	1
HO	2.19	2.07	2
VERA	3.13	3.13	3
VERB	3.2	3.2	3
MONA	2.07	2.07	2
GU	0.03	0	0
RO	3.51	3.35	3
ESPB	1.47	1.47	1
HA	4.63	4.63	4
FO	4.18	4.18	4
CAM	4.1	4.09	4
CAS	7.55	7.53	7
OL	1.26	1.26	1
MA1	5.83	5.38	5
LE	3.99	3.99	3
GA	1.14	1.14	1
Moyennes	3.93	3.84	3.5

Les antibiotiques représentent la quasi-totalité (97,71%) des traitements administrés (Figure 14). On a donc considéré uniquement les traitements antibiotiques, dans la suite des analyses.

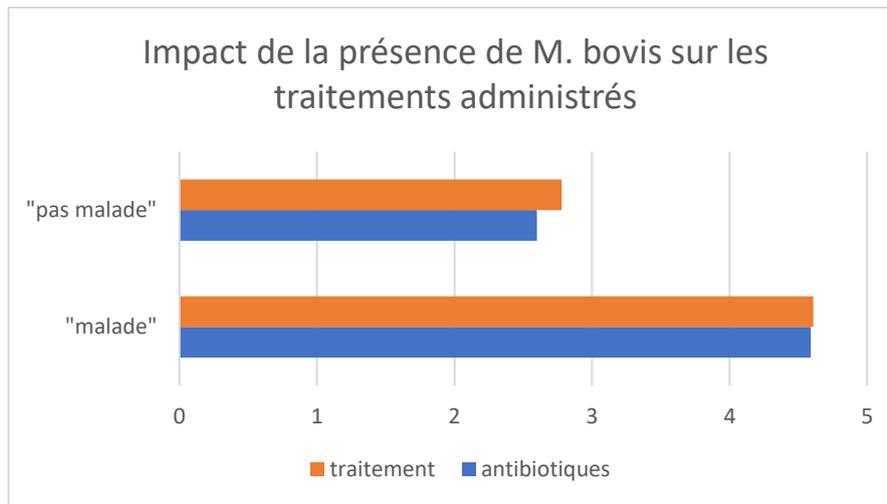


Figure 14 : Comparaison du nombre de traitements antibiotiques et totaux dans les élevages avec un taux de séroconversion important (>20%) « malade » ou faible « non malade ».

Effet du taux de séroconversion supérieurs à 20%

Le nombre moyen de traitements des élevages « malades » dans lesquels *M. bovis* est fortement impliqué dans la maladie (fixé supérieur à 20%) est de $4,74 \pm 1,79$ (SD) traitements par veau. Elle est significativement plus élevée que celle des élevages dans lesquels *M. bovis* est peu ou pas intervenu ($2,78 \pm 1,78$ (SD)) (Figure 14). La différence entre les élevages « malades » et « pas malades » est significative ($p = 0,010$) et explique 24% de la variabilité de la consommation d'antibiotiques ($r^2 = 0,24$).

Effet du mode d'élevage

Le nombre moyen de traitements antibiotiques est de $4,19 \pm 2,20$ (SD) traitements par veau chez les veaux de boucherie, elle est de $2,89 \pm 0,96$ (SD) chez les veaux « sevrage » (figure 15). Cependant cette différence n'est pas significative ($p = 0,148$).

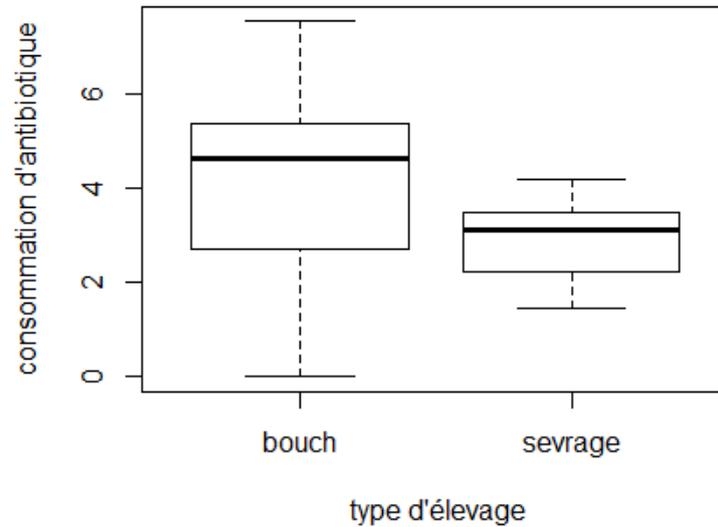


Figure 15 : consommation d'antibiotiques chez les veaux des études « boucherie » et « sevrage »

Effet du mode d'alimentation

Nous avons également testé si le mode de distribution d'alimentation avait un impact sur le nombre de traitements antibiotiques administrés. Dans un premier temps, nous avons pris en compte l'ensemble des élevages. Dans les élevages nourris au DAL, la moyenne est de $3,76 \pm 2,04$ (SD) traitements antibiotiques par veaux, Dans les élevages nourris au seau, elle est de $4,02 \pm 2,08$ (SD). Cette différence n'est pas significative ($p = 0,760$) (figure 16).

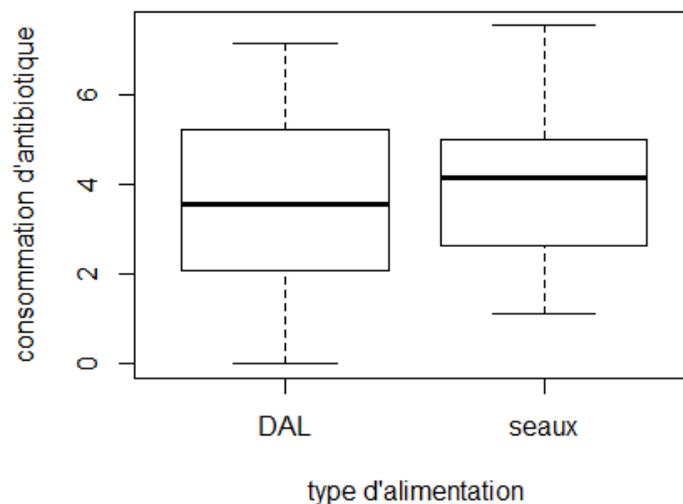


Figure 16 : consommation d'antibiotique en fonction du mode d'alimentation dans l'ensemble des élevages

Compte tenu du faible nombre de petits élevages au seau, et compte-tenu de l'effet de la taille de l'élevage sur la séroconversion, l'effet du mode d'alimentation a été recherché uniquement pour les grands élevages. Dans les élevage grands DAL on a obtenu en moyenne 5,28 (SD = 1,44) traitements antibiotiques par veau, contre 4,44 (SD = 1,87) traitements antibiotiques par veau pour les élevages au seau. La différence n'est pas significative ($p = 0,325$).

Au final, on ne détecte pas d'impact du mode de distribution d'aliment sur la consommation d'antibiotiques dans les élevages.

Effet du taux de séroconversion

Nous avons testé si le taux de séroconversion avait un impact sur la consommation d'antibiotique. En considérant l'ensemble des élevages, la consommation d'antibiotique était significativement liée au taux de séroconversion ($p = 0,040$, $r^2 = 0,16$).

L'analyse de la consommation d'antibiotique en fonction du taux de séroconversion est représentée par la figure 17.

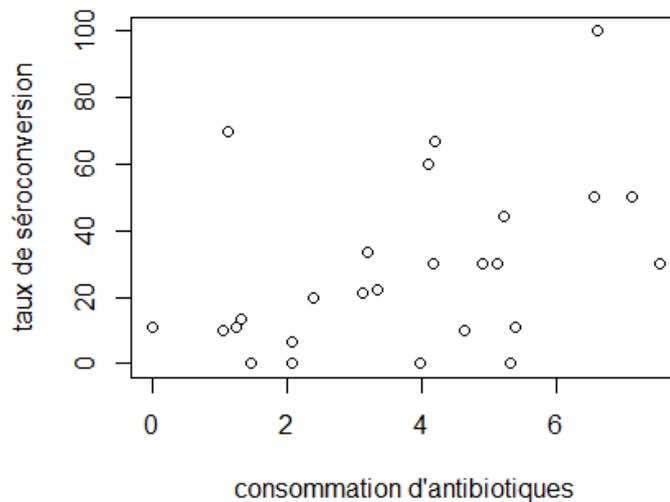


Figure 17 : Analyse de la consommation d'antibiotique en fonction du taux de séroconversion

Si on considère seulement les élevage nourris au DAL, le coefficient de détermination est plus élevé ($p = 0,002$, $r^2=0,46$), le taux de séroconversion explique donc 46% de la variation de la consommation d'antibiotiques dans ce groupe (figure 18).

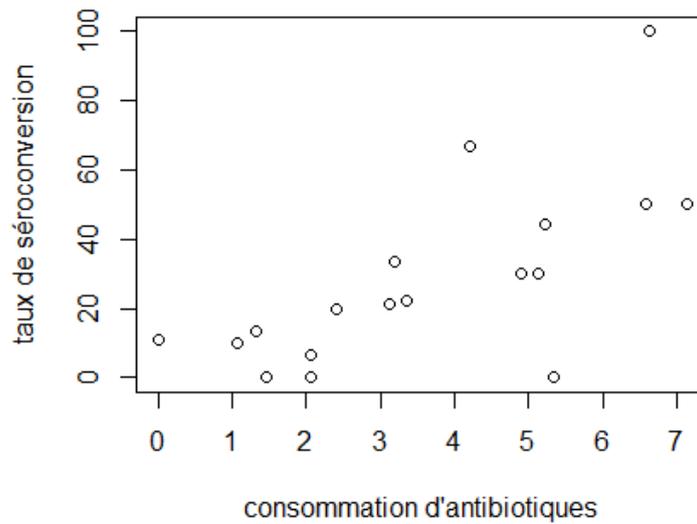


Figure 18 : consommation d'antibiotique en fonction du taux de séroconversion chez les élevages nourris au DAL.

Effet de la taille de l'élevage

La taille du lot seule permet d'expliquer 55% de la variation de la consommation d'antibiotique ($p < 0,001$, $r^2 = 0,54$) (figure 19). Cet effet a été encore plus marqué dans les élevages nourris au DAL dans lesquels, la taille du lot permet d'expliquer 74% de la variation de la consommation d'antibiotique ($p < 0,001$, $r^2 = 0,74$), (figure 20).

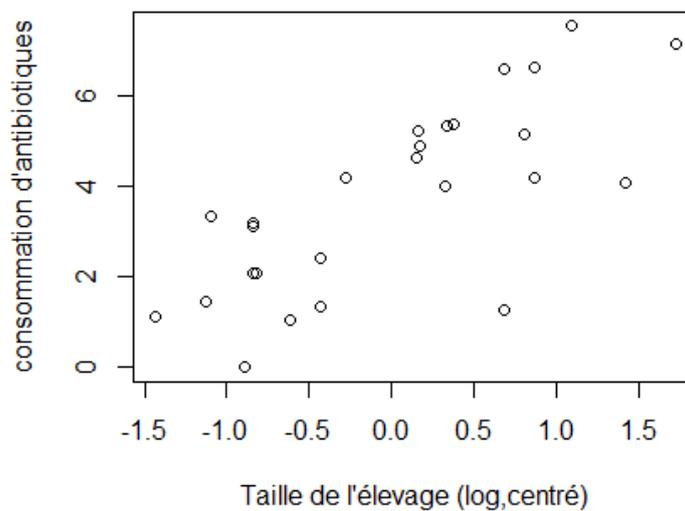


Figure 19 : consommation d'antibiotiques en fonction de la taille de l'élevage dans tous les élevages.

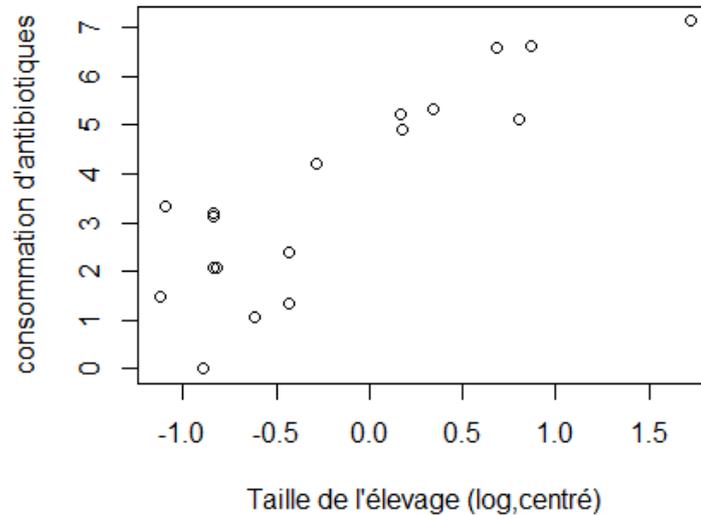


Figure 20 : consommation d'antibiotiques en fonction de la taille de l'élevage dans les élevages au DAL.

Pour savoir si l'effet de la séroconversion est confondu avec l'effet de la taille d'élevage, nous avons ajusté des modèles incluant à la fois le taux de séroconversion et la taille de l'élevage.

Lorsque l'on prend en compte à la fois la taille de l'élevage et le taux de séroconversion, sans prendre en compte le type d'alimentation, on améliore l'explication du nombre de traitements antibiotiques ($r^2= 0,57$) mais très légèrement par rapport à l'effet de la taille de l'élevage seul (pour lequel on avait $r^2= 0,54$). La séroconversion a donc un effet limité sur les antibiotiques une fois que l'effet de la taille de l'élevage a été prise en compte ($p=0,208$). Il y a donc une confusion entre ces deux facteurs : la taille de l'élevage suffit à expliquer au mieux l'utilisation des antibiotiques, et une partie de cette explication est liée à la relation entre taille de l'élevage et séroconversion vis-à-vis des mycoplasmes.

IV- Discussion

L'objectif de cette étude était d'étudier l'impact sanitaire de *M. bovis* en fonction de la taille du lot et du mode d'allaitement. Les BPIE provoquent un taux de morbidité élevé chez les veaux de boucherie (1), et *M. bovis* a une place importante dans le déclenchement des BPIE (2). Nous avons étudié l'effet de deux facteurs de risques sur la diffusion de *M. bovis* au sein de 26 élevages entre 2013 et 2018. Nous avons également analysé la consommation d'antibiotiques dans ces élevages.

1) Remarque générale sur la méthodologie et l'échantillonnage

Les biais rencontrés au cours de cette étude ont été de différents types.

L'inclusion dans l'étude des élevages « sevrage » de l'étude de 2013 nous a permis d'avoir un plus grand nombre de données, notamment pour des élevages de petites tailles au DAL. Cependant ces deux études ont été conduites à 3-4 ans de différence sur des veaux qui n'avaient pas le même type de croissance et pas le même vétérinaire. Il est donc possible qu'il y ait eu un impact sur la gestion des traitements dans ces élevages. Le plan EcoAntibio mis en place en 2012, a également pu avoir des conséquences sur la pratique thérapeutique en élevage de veaux de boucherie. La réduction de l'usage des antibiotiques s'est fait sentir chez les bovins de manière général dès 2015, avec une réduction de vente de près de 10% principalement due à la diminution des ventes de prémélanges et solutions orale (54) . Ces paramètres constituent des biais, même si la différence entre ces deux modes d'élevages apparaît négligeable.

Le peu d'élevages qui ont pu participer à l'étude a entraîné un déséquilibre des différents effectifs, ce qui nous a conduit à étudier certaines variables séparément. De plus la volonté de pouvoir différencier de manière franche les grands élevage (> 80 veaux) et les petits (<50 veaux) n'a pas pu être respecté par manque du nombre d'élevage, des élevages de tailles moyenne ont aussi été inclus dans l'étude.

Le diagnostic de *M. bovis* est compliqué, sa croissance est lente et nécessite des milieux de culture complexes, peu de tests existent et peu d'études ont été réalisées sur leur fiabilité. Le diagnostic sérologique grâce à la méthode ELISA est utilisé pour des diagnostics de troupeau (36). Le test ELISA utilisé pour le diagnostic sérologique de *M. bovis* a une bonne spécificité à 95% (IC à 95% [83,99])mais une faible sensibilité à 37% (IC à 95% [22,54]) (55). On peut alors avoir des faux négatifs. Les mesures des différents témoins ne donnent pas les mêmes valeurs, prouvant une variabilité intra-plaque et inter-plaque.

2) Discussion sur la présence de *M. bovis*

Les BPIE comptent beaucoup d'agents pathogènes différents et apparaissent de manière précoce chez les veaux de boucherie. Le taux de séropositifs à *M. bovis* à l'introduction dans l'élevage engraisseur n'a pas beaucoup évolué en 10 ans, puisque les 2.79% de séropositifs à l'introduction est comparable aux 2.2% détectés dans une étude menée en 2008 sur des veaux de boucherie (2). Sur les 26 lots étudiés, 22 ont séroconverti pour *M. bovis* au cours de l'étude, ce qui est proche des 8 lots sur 9 ayant séroconverti dans l'étude précédente (2). Malgré tout, peu de veaux ont séroconverti dans ces élevages, moins qu'en 2008, impliquant que la diffusion a été relativement maîtrisée. L'étude de 2008 ayant été conduite uniquement dans des lots de grandes tailles nourri au DAL, on peut se demander si ces facteurs ne constitueraient pas un risque pour la diffusion de *M. bovis*. En effet, 27.8 % (80/287) des veaux suivis ont séroconverti au cours de l'étude. Cela est plus proche des résultats obtenus dans une étude en élevage allaitants (33). Dans les deux élevages n'ayant pas eu d'épisode de maladie respiratoire, les taux de séroconversions étaient respectivement de 11,1 et 70%. La présence de *M. bovis* n'est donc pas systématiquement relié à la présence de BPIE, bien que son action précoce ait été montré (2). De la même façon des élevages ont pu avoir des épisodes de maladies respiratoire important avec un nombre de traitement important sans qu'il y ait eu l'intervention de *M. bovis*. C'est le cas pour quatre élevages étudiés mais ce résultat questionne car beaucoup d'autres agents peuvent intervenir dans les BPIE.

3) Les facteurs de risques

Dans notre étude, nous avons pu confirmer que l'introduction d'un animal séropositif constituait un facteur de risque significatif ($p = 0,005$) pour la diffusion du pathogène dans l'élevage, comme l'avait déjà montré Tschopp et *al.* en 2001 (50). Nous n'avons ici étudié que des élevages en lot au contraire de Tschopp et *al.* qui avaient aussi inclus des lots constitués intra-élevages.

Il a été montré que les facteurs individuels concernant les veaux tels que leur âge, leur sexe, leur poids avaient un impact sur l'apparition de BPIE en élevage de veaux de boucherie (29). Nous nous sommes attachés ici à deux facteurs potentiellement reliés spécifiquement à *M. bovis* : la taille du lot et le mode d'alimentation par tétine collective.

Il est déjà prouvé que les veaux logés dans des grands groupes et nourris au DAL avaient un risque plus élevé de développer une maladie respiratoire (26). Nous espérons pouvoir le prouver aussi pour d'autres modes d'alimentation comme le seau, mais cela n'a pas été possible, par manque de petits élevages nourris de cette façon.

Nous avons pu montrer, que la grande taille des élevages accentuait le risque de diffusion de *M. bovis*. Cela avait été montré comme facteur de risque dans des élevages laitiers (26).

Dans des élevages de veaux nourris au DAL, le risque de séroconversion de *M. bovis* augmente de manière significative ($p < 0,001$) lorsque le nombre de veaux par élevage augmente. Dans les lots de plus grandes tailles, les veaux ont plus de contact entre eux, et les origines sont souvent d'autant plus variées que le nombre de veaux augmente. La contamination par voie aérienne comme la contamination par voie orale, au site partagé du DAL s'accroît. De plus, la proportion de veaux séropositifs à l'entrée augmente, et par là, la diffusion de cet agent, comme nous l'avons montré. Cet effet est d'autant plus prévisible que la proportion de séropositif est faible.

Le système d'alimentation au DAL est associé à des taux de morbidité et de mortalité plus importants que dans les systèmes d'alimentation au seau (9). De la même façon, dans notre étude, le taux de séroconversion était significativement plus bas dans les grands élevages nourris aux seaux ($p = 0,02$). Le mode d'alimentation au seau semble donc constituer un facteur de protection pour la diffusion *M. bovis*. La contamination par voie orale de *M. bovis* ayant déjà été montrée (38), on peut penser que la tétine partagée est un moyen qui accentue la diffusion de cet agent pathogène.

Un moyen d'évaluer le poids de cette contamination serait d'effectuer des prélèvements réguliers sur les tétines des DAL et parallèlement sur les veaux afin d'évaluer la diffusion de la bactérie.

4) Analyse de la consommation d'antibiotiques

Chez les veaux de boucherie, l'utilisation d'antibiotiques est élevée, et ces traitements sont très souvent administrés de manière collective en métaphylaxie du fait de la facilité d'administration à de nombreux animaux par voie orale (25). Avec le plan Eco-antibio et les objectifs de réduction de la consommation d'antibiotiques dans les différentes filières animales, il semble important de savoir quels modes de gestion diminuerait ces traitements.

Le calcul des traitements a été fait en calculant le nombre de traitements par veau. Il aurait été plus précis de calculer l'incidence des traitements (TI) basée sur les doses journalières (ADD, UDD et PDD) (22). Le manque de précision des données fournies dans les carnets sanitaires, ainsi que les usages de traitements injectable longue action ne nous a pas permis d'employer cette méthode.

On a considéré que *M. bovis* avait un rôle non négligeable dans l'apparition de l'épisode respiratoire lorsqu'il y avait plus de 20% de séroconversion dans l'élevage. C'est ce qui avait été suggéré pour le virus PI3 dans une étude sur le rôle de *M. bovis* dans le déclenchement des maladies respiratoires chez les veaux de boucherie (2). Notre étude a pu montrer que lorsqu'il y avait plus de 20% de séroconversion, la consommation d'antibiotique était significativement plus importante ($p = 0,005$). Limiter la séroconversion de *M. bovis*, c'est-à-

dire sa diffusion, pourrait permettre une diminution de la consommation d'antibiotiques, hypothèse que nous avons faite au vu des résultats de résistance aux antibiotiques et de l'implication de cet agent dans ces affections respiratoires chroniques.

De meilleures connaissances sur les mécanismes de résistances de cet agent pathogène serait alors intéressantes afin de cibler le traitement et ainsi diminuer la consommation d'antibiotiques.

L'analyse grâce à un modèle linéaire simple des différents facteurs de risques étudiés sur la consommation d'antibiotiques a cependant démontré que c'était principalement l'augmentation de la taille des élevages qui permettait d'expliquer le plus grand nombre de traitements dans les élevages nourri au DAL ($r^2 = 0,74$). Nous n'avons pas pu mettre en évidence de différence significative d'utilisation d'antibiotique entre les deux modes d'alimentation.

La consommation d'antibiotiques semble augmenter lorsque la séroconversion à *M. bovis* augmente, c'est en fait la taille de l'élevage qui explique majoritairement cette augmentation, les deux étant confondu : *i.e.* la consommation d'antibiotique et la séroconversion augmentent avec l'augmentation de la taille de l'élevage.

V- Conclusion de la partie expérimentale

Notre étude a permis de mettre en évidence ou de confirmer plusieurs points concernant l'impact sanitaire de *M. bovis* dans les élevages de veaux en lots :

Le taux de séroconversion est significativement plus élevé lorsque le nombre de veaux séropositif à l'introduction augmente. Le risque d'introduction d'animaux séropositif est plus élevé dans les élevages de grande taille, et le taux de séroconversion à *M. bovis* est plus élevé dans ces élevages.

Nous avons pu montrer dans les élevages de plus de 50 veaux, que le mode d'alimentation au DAL constituait un facteur de risque pour la diffusion de *M. bovis* plus important que le seau. La taille des élevages constitue aussi un facteur de risque, en effet le taux de séroconversion augmente dans les élevages de plus grande taille et cet effet est particulièrement marqué dans les élevages avec un système d'alimentation au DAL. Le mode d'alimentation au seau constituerait donc un facteur de protection pour la diffusion de *M. bovis*. Il manque cependant des élevages de petite taille dans cette étude pour nous permettre de préciser si cet effet s'exercerait aussi dans de petits lots.

Pour être plus performant dans cette étude sur les facteurs de risques de diffusion de *M. bovis*, il aurait fallu un plus grand nombre d'élevage en prenant en compte d'autres facteurs pouvant avoir un impact sur cet agent pathogène tel que l'ambiance du bâtiment.

L'étude de la consommation d'antibiotique dans les élevages de notre étude nous a permis d'identifier les facteurs entraînant une augmentation de cette consommation. Ainsi, plus le taux de séroconversion est élevé, plus la consommation d'antibiotique est importante, et ce en particulier dans les élevages nourris au DAL. La présence de *M. bovis* dans ces élevages favoriserait donc l'usage excessif d'antibiotique. Plus la taille du lot est élevée plus la consommation d'antibiotique est importante, cet effet est également très marqué dans élevage nourri au DAL. Le contrôle de la diffusion de *M. bovis* favoriserait alors la réduction de la consommation d'antibiotique dans ces élevages.

Conclusion

L'étude bibliographique nous a permis de rappeler que l'élevage de veaux de boucherie est une production intensive qui fonctionne sur un modèle d'intégration. L'élevage des veaux est de courte durée pour une croissance importante et rapide. Il leur faut donc une maîtrise des conditions de vie qui soit optimale : alimentation, logement, et gestion des lots d'animaux sont des éléments de la maîtrise sanitaire. Le traitement dans ces élevages est régulièrement administré par voie orale donc, de manière collective, ce qui entraîne une sur-utilisation des antibiotiques. Parmi les causes de traitements, les BPIE sont les plus fréquentes. Plusieurs agents pathogènes dont *M. bovis* participent au développement de ces maladies. *M. bovis*, par sa résistance et sa persistance, est susceptible d'aggraver encore l'utilisation de traitements antibiotiques.

Nous nous sommes attachés à étudier l'impact sanitaire de *M. bovis*, et de deux facteurs susceptibles de limiter ou aggraver sa diffusion : la taille du lot et le mode d'alimentation.

Nous avons ainsi pu confirmer que la séroprévalence à *M. bovis* est faible chez les veaux, et que l'introduction d'un animal séropositif était bien un élément de diffusion important. Nous avons également constaté que les lots avec plus de 20% de séroconversion dans l'élevage étaient ceux qui avaient le plus recours aux antibiotiques, confirmant ainsi que *M. bovis* est bien un agent pathogène conséquent chez le veau. Par ailleurs, c'est plutôt la taille du lot qui est l'élément prépondérant de cet usage augmenté de traitements. Dans les élevages suivis, la diffusion de *M. bovis* augmente avec la taille du lot, participant à cette sur-utilisation des antibiotiques. L'alimentation individualisée semble bien un élément de prévention de la diffusion de *M. bovis* dans les grands lots, au moins pendant les premières semaines. Il nous faut encore confirmer que l'utilisation de seaux pourrait limiter la diffusion dans les lots de plus petite taille.

Bibliographie

1. PARDON B, DE BLEEKER K, HOSTENS M, CALLENS J, DEWULF J, DEPREZ P. Longitudinal study on morbidity and mortality in white veal calves in Belgium. *BMC Vet Res.* 2012;8(26):1-14.
2. ARCANGIOLI M-A, DUET A, MEYER G, DERNBURG A, BEZILLE P, POUMARAT F, LE GRAND D. The role of *Mycoplasma bovis* in bovine respiratory disease outbreaks in veal calf feedlots. *Vet J.* 2008;177(1):89–93.
3. MARTINEAU C, CHANTEPERDRIX M, CHAUMET J-M, LORINQUER E. Veau Flash n° 27 - septembre 2017 [Internet]. 2017 [cité 11 déc 2017]. Disponible sur: http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/veau-flash-n-27-septembre-2017.html
4. VAISSIER I, BERTRAND G, TOULLEC R. Le veau de boucherie : Concilier bien-être animal et production. Paris: INRA; 2003. 210 p.
5. INTERBEV. Plan de la filière veaux française [Internet]. interbev. 2017. Disponible sur: www.interbev.fr
6. ELLIES M-P. les filières animales françaises, caractéristiques, enjeux et perspectives. lavoisier. Paris: Lavoisier; 2014. 527 p.
7. BRIAND P, MARTINEAU C, QUILLIEN J. Enquête sur les conditions de travail en atelier veaux de boucherie. *Rencontres Autour Rech Sur Rumin.* 2010;17:237–240.
8. INSTITU DE L'ELEVAGE. Maladies des bovins. 4ème édition. Paris: France agricole; 2008. 797 p.
9. MOUNAIX B, MARTINEAU C, BERTRAND G. Bilan de la mise en oeuvre de la directive européenne « bien-être » de 1997 au niveau de la filière veau de boucherie. *Rencontres Autour Rech Sur Rumin.* 2007;14:309–312.
10. AUPIAIS A, BERTRAND G, MARTINEAU C. Veaux de boucherie : nouvelles modalités de logement et d'alimentation. *Rencontres Autour Rech Sur Rumin.* 2000;7:119–122.
11. DASSONVILLE P-O, FLOCLI S, FLORAND L, JAUREGUY C, LORERRT T, MATHON A. Le mauvais départ dans la vie fait nécessairement tousser. *Point Vét.* 2005;suppl.2:24–35.
12. INSTITU DE L'ELEVAGE. Réseau veau de boucherie 2008-2010. 2011 [cité 22 oct 2018]. Disponible sur : http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/R_seau_Veau_de_boucherie_R_sultats_2008_2010.pdf
13. PARDON B, HOSTENS M, DUCHATEAU L, DEWULF J, DE BLEEKER K, DEPREZ P. Impact of respiratory disease, diarrhea, otitis and arthritis on mortality and carcass traits in white veal calves. *BMC Vet Res.* 2013;9(1):1-13.

14. SVENSSON C, LUNDBORG K, EMANUELSON U, OLSSON S-O. Morbidity in Swedish dairy calves from birth to 90 days of age and individual calf-level risk factors for infectious diseases. *Prev Vet Med.* 2003;58(3-4):179–197.
15. HORWOOD PF, SCHIBROWSKI ML, FOWLER EV, GIBSON JS, BARNES TS, MAHONY TJ. Is *Mycoplasma bovis* a missing component of the bovine respiratory disease complex in Australia ? *Aust Vet J.* 2014;92(6):185–191.
16. FRANCOZ D. Maladies des pré-estomacs et de la caillette du veau en période néonatale. In: *Manuel de médecine des bovins.* medcom. Paris; 2014. p. 668-71.
17. LAVA M, SCHUPBACH-REGULA G, STEINER A, MEYLAN M. Antimicrobial drug use and risk factors associated with treatment incidence and mortality in Swiss veal calves reared under improved welfare conditions. *Prev Vet Med.* 2016;126:121–130.
18. GAY E, BARNOUIN J. A nation-wide epidemiological study of acute bovine respiratory disease in France. *Prev Vet Med.* 2009;89(3-4):265–271.
19. BRSCIC M, LERUSTE H, HEUTINCK LFM, BOKKERS EAM, WOLTHUIS-FILLERUP M, STOCKHOFE N, GOTTARDO F, LENSINK BJ, COZZI G, VAN RENNEN CG. Prevalence of respiratory disorders in veal calves and potential risk factors. *J Dairy Sci.* 2012;95(5):2753–2764.
20. LEKEUX P. Le complexe respiratoire bovin. *Ann Médecine Vét.* 1996;140:101–105.
21. SANDERSON MW, DARGATZ DA, WAGNER BA. Risk factors for initial respiratory disease in United States' feedlots based on producer-collected daily morbidity counts. *Can Vet J.* 2008;49(4):373-8.
22. JARRIGE N, CHANTEPERDRIX M, GAY E. Santé animale-alimentation. *Bull Epidémiologique Santé Anim Aliment.* 2018;(82):4.
23. RERAT M, ALBINI S, JAQUIER V, HUSSY D. Bovine respiratory disease: efficacy of different prophylactic treatments in veal calves and antimicrobial resistance of isolated Pasteurellaceae. *Prev Vet Med.* 2012;103(4):265–273.
24. FANUEL P. Points critiques d'une métaphylaxie raisonnée lors de troubles respiratoire chez les jeunes bovins de boucherie. *Bull Académie Vétérinaire Fr.* 2012;165(1):1-26.
25. PARDON B, CATRY B, DEWULF J, PERSOONS D, HOSTENS M, DE BLEEKER K, DEPREGZ P. Prospective study on quantitative and qualitative antimicrobial and anti-inflammatory drug use in white veal calves. *J Antimicrob Chemother.* 2012;67(4):1027–1038.
26. SVENSSON C, LIBERG P. The effect of group size on health and growth rate of Swedish dairy calves housed in pens with automatic milk-feeders. *Prev Vet Med.* 2006;73(1):43-53.
27. ANSES. Résapath - Réseau d'épidémiosurveillance de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes animales, bilan 2016. 2017. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/LABO-Ra-Resapath2016.pdf>

28. MURRAY GM, O'NEILL RG, MORE SJ, MCELROY MC, EARLEY B, CASSIDY JP. Evolving views on bovine respiratory disease: An appraisal of selected control measures—Part 2. *Vet J.* 2016;217:78–82.
29. TAYLOR JD, FULTON RW, LEHENBOER TW, STEP DL, CONFER AW. The epidemiology of bovine respiratory disease: What is the evidence for predisposing factors? *Can Vet J.* oct 2010;51(10):1095-102.
30. PARDON B, DE BLEEKER K, DEWULF J, CALLENS J, BOYEN F, CATRY B, DEPRez P. Prevalence of respiratory pathogens in diseased, non-vaccinated, routinely medicated veal calves. *Vet Rec-Engl Ed.* 2011;169(11):1-6.
31. ARCANGIOLI M-A, BECKER C. Pneumonie et bronchopneumonie. In: *Manuel de médecine des bovins.* medcom. Paris; 2014. p. 181-228.
32. MURRAY GM, O'NEILL RG, MORE SJ, MCELROY MC, EARLEY B, CASSIDY JP. Evolving views on bovine respiratory disease: An appraisal of selected key pathogens—Part 1. *Vet J.* 2016;217:95–102.
33. LE GRAND D, CALAVAS D, BRANK M, CITTI C, ROSENGARTEN R, BEZILLE P, POUMARAT F. Serological prevalence of *Mycoplasma bovis* infection in suckling beef cattle in France. *Vet Rec.* 2002;150(9):268–273.
34. TIMSIT E, ARCANGIOLI M-A, BAREILLE N, SEEGERs H, ASSIE S. Transmission dynamics of *Mycoplasma bovis* in newly received beef bulls at fattening operations. *J Vet Diagn Invest.* 2012;24(6):1172–1176.
35. KLEIN A, LE GRAND D, GASNIER R, FANUEL P, LEMARCHAND F, ASSIE S. *Mycoplasma bovis* est un agent pathogène primaire et secondaire. *Point Vét.* 2005;(suppl.1):52–63.
36. LE GRAND D, ARCANGIOLI M-A, CALAVAS D, BEZILLE P, POUMARAT F. Mycoplasmes et mycoplasmoses bovines : actualités. *Bull Académie Vétérinaire Fr.* 2008;161(2):159-66.
37. FRANCOZ D, FORTIN M, FECTEAU G, MESSIER S. Determination of *Mycoplasma bovis* susceptibilities against six antimicrobial agents using the E test method. *Vet Microbiol.* 2005;105(1):57–64.
38. MAUNSELL F, BROWN MB, POWE J, IVEY J, WOOLARD M, LOVE W, SIMEKA J. Oral inoculation of young dairy calves with *Mycoplasma bovis* results in colonization of tonsils, development of otitis media and local immunity. *PLoS ONE.* 2012;7(9):1-15.
39. THOMAS A, MAINIL J, LINDEN A. *Mycoplasma bovis* : synthèse des connaissances actuelles. *Ann Médecine Vét.* 2003;147:23–39.
40. PICCININI R, GOSNEY F, SNEL GG, LUINI MV, NICHOLAS RA. Environmental survival of *Mycoplasma bovis* on a white veal farm. *Vet Rec Case Rep.* 2015;3(1):1-3.
41. TIMSIT E, BAREILLE N, SEEGERs H, LEHEBEL A, ASSIE S. Visually undetected fever episodes in newly received beef bulls at a fattening operation: Occurrence, duration, and impact on performance 1 2. *J Anim Sci.* 2011;89(12):4272–4280.

42. THOMAS A, DIZIER I, SACHSE K, BALL H, MAINIL J, LINDEN A. Mycoplasma bovis dans le complexe respiratoire bovin et propriétés de cyto-adhesion in vitro. In: Annales de médecine vétérinaire. Université de Liège; 2003. p. 267–272.
43. THOMAS A, NICOLAS C, DIZIER J, LINDEN A. Antibiotic susceptibilities of recent isolates. Vet Rec. 2003;153:428–431.
44. MAUNSELL FP, DONOVAN GA, RISCO C, BROWN MB. Field evaluation of a Mycoplasma bovis bacterin in young dairy calves. Vaccine. 2009;27(21):2781–2788.
45. GUEZ V. Les bovins sont des insuffisants respiratoires. Paysan Breton [Internet]. 2017; Disponible sur: <https://www.paysan-breton.fr/2017/11/les-bovins-sont-des-insuffisants-respiratoires/>
46. SCHELCHER F, VALARCHER JF. Bronchopneumonies infectieuses des bovins. Comptes Rendus Rencontres Rech Rumin. 1999;177–182.
47. BRISVILLE A-C. Atteinte du système respiratoire du veau en période néonatale. In: Manuel de médecine des bovins. medcom. Paris; 2014. p. 664-7.
48. MARCHAND O, CLEMENT H, LAUMONNIER G, PEROCHON J. L’audit de bâtiment demande un peu de temps, du bon sens, quelques trucs et. Point Vét. 2005;2:36–52.
49. MORMEDE P. Les réponses neuroendocriniennes de stress. Rec Méd Vét. 1988;164(10):723–41.
50. TSCHOPP R, BONNEMAIN P, NICOLET J, BURNENS A. Epidemiological study of risk factors for Mycoplasma bovis infections in fattening calves. Schweiz Arch Tierheilkd. 2001;143(9):461–467.
51. PHILLIPS CJC, PINES MK, LATTER M, MULLER T, PETHERICK JC, NORMAN ST, GAUGAN JB. The physiological and behavioral responses of steers to gaseous ammonia in simulated long-distance transport by ship. J Anim Sci. 2010;88(11):3579–3589.
52. CURTIS GC, ARGO CM, JONES D, GROVE-WHITE DH. Impact of feeding and housing systems on disease incidence in dairy calves. Vet Rec. 2016;179(20):512-7.
53. R Core Team (2017). R : A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available online at : [https:// www.R-project.org/](https://www.R-project.org/).
54. ANSES. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2016. 2017. Disponible sur: <https://www.anses.fr/en/system/files/ANMV-Ra-Antibiotiques2016.pdf>
55. WAWEGAMA NK, MARKHAM PF, KANCI A, SCHIBROWSKI M, OSWIN S, BARNES TS, FIRESTON SM, MAHONY TJ, BROWN GF. Evaluation of an IgG ELISA as a serological assay for detection of Mycoplasma bovis infection in feedlot cattle. J Clin Microbiol. 2016;1-27.

Annexes

Annexe 1 : Sensibilité des Pasteurelles

Tableau 9 - Bovins 2016 – Pathologie respiratoire – Jeunes – *Pasteurella multocida* : proportion de sensibilité pour les antibiotiques testés (N= 303)

Antibiotique	Total (N)	% S
Amoxicilline	294	98
Amoxicilline Ac. clavulanique	284	98
Céfalexine	249	99
Ceftiofur	301	99
Cefquinome 30 µg	273	97
Streptomycine 10 UI	62	48
Spectinomycine	196	85
Kanamycine 30 UI	46	87
Gentamicine 10 UI	266	95
Néomycine	220	82
Tétracycline	298	67
Doxycycline	187	70
Florténicol	295	100
Ac. nalidixique	88	91
Ac. oxolinique	189	78
Fluméquine	219	82
Enrofloxacin	290	94
Marbofloxacin	281	99
Denofloxacin	211	89
Triméthoprime-Sulfamides	303	96

Tableau 10 - Bovins 2016 – Pathologie respiratoire – Jeunes – *Mannheimia haemolytica* : proportion de sensibilité pour les antibiotiques testés (N= 181)

Antibiotique	Total (N)	% S
Amoxicilline	167	96
Amoxicilline Ac. clavulanique	159	97
Céfalexine	133	99
Ceftiofur	178	99
Cefquinome 30 µg	152	99
Streptomycine 10 UI	56	21
Spectinomycine	95	87
Kanamycine 30 UI	47	79
Gentamicine 10 UI	152	91
Néomycine	103	83
Tétracycline	177	79
Doxycycline	82	77
Florténicol	174	99
Ac. nalidixique	77	77
Ac. oxolinique	78	86
Fluméquine	102	91
Enrofloxacin	161	95
Marbofloxacin	167	99
Denofloxacin	106	97
Triméthoprime-Sulfamides	179	99

Annexe 2 : Fiche explicative aux éleveurs, étude de *Mycoplasma bovis* en élevage de veaux de boucherie



Enquête RediBov : Etude de *Mycoplasma bovis* en veau de boucherie

L'objectif de cette enquête est de :

- Évaluer l'évolution de la **résistance aux antibiotiques des bactéries au cours du traitement**.
- rechercher plus attentivement si certains **facteurs d'élevage peuvent augmenter le risque de maladie ou de diffusion de ces bactéries**.

L'étude est menée par l'Unité Mixte de Recherche VetAgro Sup Anses « Mycoplasmoses des Ruminants » et se fait en partenariat avec vos vétérinaires.

Aujourd'hui :

Les prélèvements réalisés par votre vétérinaire vont nous permettre de savoir si *Mycoplasma bovis* est présent chez vous, de le typer, et de connaître la séroprévalence de ce germe chez les veaux de cette tranche d'âge.

Lors de la maladie : avant la mise en place d'un traitement antibiotique collectif, et avec moins de 10% de veaux traités individuellement

Les prélèvements réalisés par votre vétérinaire vont nous permettre de savoir quels **virus ou bactéries d'intérêt sont présents chez vous**. Le résultat de cette analyse vous sera transmis sous huitaine, par mail ou courrier. Nous pourrions aussi commencer à suivre la sensibilité aux antibiotiques des pasteurelles et de *Mycoplasma*.

Pouvez vous :

- **Dès que vous voulez mettre en place un traitement collectif avec des antibiotiques contre la maladie respiratoire, informer le plus rapidement possible les responsables de l'étude**, pour que prélèvements à suivre puissent être faits au bon moment.

Votre vétérinaire :
Paule GUERINEAU :

Un troisième prélèvement

Est à programmer 4 semaines après le dernier traitement par antibiotiques collectif ou sur plus de 10% des veaux.

Si vous acceptez, les **analyses sont à notre charge** et les **résultats** vous seront **transmis**. Vous saurez ainsi quel(s) agent(s) infectieux circule(nt) dans votre élevage.

Les résultats de cette enquête vous seront présentés. Les **données** concernant votre élevage seront **rendues anonymes**.

Nous vous remercions dès à présent du temps et de l'aide que vous voulez bien nous consacrer.



Identification des veaux témoins: *Indiquer sur les tubes le n° 4 chiffres sauf*

doublon

N° 10 chiffres	Date de naissance

Annexe 5 : Synthèse des données récoltées

Nom de l'élevage	Nombre de veaux	Etude	Alimentation	Poids moyen	Taille	Sol	Nombre de traitement totaux par veaux	Nombre de traitement antibiotique	Nombre de traitement antibiotique collectif	Séroconversion (%)	Nombre de veaux ayant séroconverti	Nombre de veaux prélevés	Malade SC>20%	Séopositif à l'introduction
LEP	519	boucherie	DAL	45	grand	paille	7.13	7.13	7	50	5	10	1	1
AP	220	boucherie	DAL	53	grand	caillbottis	6.78	6.62	6	100	9	9	1	0
ME	207	boucherie	DAL	42	grand	paille	5.13	5.13	5	30	3	10	1	1
NE	183	boucherie	DAL	54	grand	caillbottis	6.57	6.57	6	50	5	10	1	0
GE	130	boucherie	DAL	78.4	grand	caillbottis	6.4	5.33	5	0	0	10	0	0
CA2	110	boucherie	DAL	45	grand	paille	4.9	4.9	4	30	3	10	1	2
CA	109	boucherie	DAL	45	grand	paille	5.22	5.22	5	44.4	4	9	1	0
PE	50	boucherie	DAL	60	petit	paille	1.38	1.06	1	10	1	10	0	0
HO	41	boucherie	DAL	60	petit	paille	2.19	2.07	2	0	0	10	0	0
GU	38	boucherie	DAL	55	petit	paille	0.03	0	0	11.1	1	9	0	0
RO	31	boucherie	DAL	58	petit	paille	3.51	3.35	3	22.2	2	9	1	0
HA	108	boucherie	seaux	75	grand	caillbottis	4.63	4.63	4	10	1	10	0	0
FO	220	boucherie	seaux	51.54	grand	caillbottis	4.18	4.18	4	30	3	10	1	0
CAM	384	boucherie	seaux	52	grand	caillbottis	4.1	4.09	4	60	6	10	1	1
CAS	276	boucherie	seaux	50	grand	caillbottis	7.55	7.53	7	30	3	10	1	0
OL	184	boucherie	seaux	54	grand	caillbottis	1.26	1.26	1	11	1	9	0	0
MA1	135	boucherie	seaux	48	grand	caillbottis	5.83	5.38	5	11.1	1	9	0	2
LE	128	boucherie	seaux	66	grand	caillbottis	3.99	3.99	3	0	0	10	0	0
GA	22	boucherie	seaux	60	petit	paille	1.14	1.14	1	70	7	10	1	1
VEI	70	sevrage	DAL	51	grand	paille	4.2	4.2	4	66.7	10	15	1	0
ESPA	60	sevrage	DAL	55	grand	paille	2.4	2.4	2	20	3	15	0	0
ESPC	40	sevrage	DAL	50	petit	paille	3.75	3.75	3	13.3	2	15	0	0

Nom de l'élevage	Nombre de veaux	Etude	Alimentation	Poids moyen	Taille	Sol	Nombre de traitement totaux par veaux	Nombre de traitement antibiotique	Nombre de traitement antibiotique collectif	Séroconversion (%)	Nombre de veaux ayant séroconverti	Nombre de veaux prélevés	Malade SC>20%	Séopositif à l'introduction
VERA	40	sevrage	DAL	54	petit	paille	3.13	3.13	3	21.4	3	14	1	0
VERB	40	sevrage	DAL	56	petit	paille	3.2	3.2	3	33.3	5	15	1	0
MONA	40	sevrage	DAL	57	petit	paille	2.07	2.07	2	6.67	1	15	0	0
ESPB	30	sevrage	DAL	52	petit	paille	1.47	1.47	1	0	0	14	0	0

D'HARCOURT Hélène

MYCOPLASMA BOVIS CHEZ LES VEAUX EN LOTS. ETUDE DE L'IMPACT SANITAIRE EN FONCTION DE LA TAILLE DU LOT ET DU MODE D'ALLAITEMENT.

Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, 5 décembre 2018

RESUME:

L'élevage de veau de boucherie se fait de manière intensive avec des normes d'alimentation et de logement contrôlées. Les maladies respiratoires sont les plus fréquentes dans ces élevages, et *M. bovis* participe de manière importante à ces affections. Elles apparaissent de manière enzootique et entraînent de nombreux traitements antibiotiques.

Nous avons étudié la diffusion de *M. bovis* et l'utilisation d'antibiotiques dans 26 élevages de veaux. Nous avons pu confirmer que la diffusion de *M. bovis* était plus large lorsqu'il y avait des animaux séropositifs à l'introduction. Nous avons aussi pu montrer que le mode d'alimentation au DAL dans les grands lots ainsi que les lots de grandes tailles favorisaient la diffusion de cet agent pathogène. La consommation d'antibiotique était aussi plus élevée dans les élevages où la présence de *M. bovis* était importante, ainsi que dans les élevages de grande taille.

MOTS CLES :

- | | |
|----------------------|-----------------|
| - Veaux-Alimentation | - Antibiotiques |
| - Mycoplasmes | - Respiratoire |
| - Facteurs de risque | |

JURY :

Président :	Monsieur le Professeur Jean-François Mornex
1er Assesseur :	Madame le Professeur Marie-Anne Arcangioli
2ème Assesseur :	Madame le Professeur Emmanuelle Gilot-Fromont

DATE DE SOUTENANCE :