

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE, AGROALIMENTAIRE
ET DE L'ALIMENTATION NANTES ATLANTIQUE - ONIRIS

ANNEE 2016

**VALIDATION ET DEPLOIEMENT D'UNE GRILLE
D'EVALUATION DU NIVEAU DE SECURITE
DES LOTS DE JEUNES BOVINS
VIS-A-VIS DES BRONCHOPNEUMONIES**

THESE
pour le
diplôme d'Etat
de
DOCTEUR VETERINAIRE

présentée et soutenue publiquement
le 28 octobre 2016
devant
la Faculté de Médecine de Nantes
par

Julie, Mathilde, Emma HENGEL

Née le 6 février 1990 à SARREGUEMINES (57)

JURY

- Président : Monsieur Patrick LUSTENBERGER
Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes
- Rapporteur : Monsieur Sébastien ASSIE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire
et de l'alimentation, Nantes-Atlantique-ONIRIS
- Assesseur : Monsieur Aurélien MADOUASSE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire
et de l'alimentation, Nantes-Atlantique-ONIRIS
- Membre invité : Madame Marie-Anne LEFOL
Vétérinaire Santé Animale à Terrena



ENSEIGNANTS-CHERCHEURS D'Oniris

Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique

Directrice Générale : Dominique BUZONI-GATEL

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE, PATHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ALIMENT (BPSA)		
NUTRITION et ENDOCRINOLOGIE	Patrick NGUYEN (Pr) Henri DUMON (Pr)	Brigitte SILIART (Pr) Lucile MARTIN (Pr)
PHARMACOLOGIE et TOXICOLOGIE	Yassine MALLEM (MC) Martine KAMMERER (Pr)	Hervé POULIQUEN (Pr) Jean-Claude DESFONTIS (Pr)
PHYSIOLOGIE FONCTIONNELLE, CELLULAIRE et MOLECULAIRE	Lionel MARTIGNAT (Pr) Jean-Marie BACH (Pr)	Grégoire MIGNOT (MC) Julie HERVE (MC)
HISTOLOGIE ET ANATOMIE PATHOLOGIQUE	Jérôme ABADIE (MC)	Frédérique NGUYEN (MC) Marie-Anne COLLE (Pr)
PATHOLOGIE GENERALE, MICROBIOLOGIE et IMMUNOLOGIE	François MEURENS (Pr) Jean-Louis PELLERIN (Pr)	Hervé SEBBAG (MC) Emmanuelle MOREAU (MC)
BIOCHIMIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Laurent LE THUAUT (MC) Thierry SEROT (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Carole PROST (Pr) Florence TEXIER (MC) Mathilde MOSSER (MC) Clément CATANEO (MC)
MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Xavier DOUSSET (Pr) Bénédicte SORIN (Chef de travaux) Bernard ONNO (MC)	Hervé PREVOST (Pr) Emmanuel JAFFRES (MC) Nabila BERREHRAH-HADDAD (MC)
DEPARTEMENT DE SANTE DES ANIMAUX D'ELEVAGE ET SANTE PUBLIQUE (SAESP)		
HYGIENE ET QUALITE DES ALIMENTS	Michel FEDERIGHI (Pr) Bruno LE BIZEC (Pr) Catherine MAGRAS(Pr) Fanny RENOIS (MC)	Eric DROMIGNY (MC) Marie-France PILET (MC) Jean-Michel CAPPELLIER (Pr)
MEDECINE DES ANIMAUX D'ELEVAGE	Arlette LAVAL (Pr émérite) Catherine BELLOC (MC) Isabelle BREYTON (MC) Christophe CHARTIER (Pr)	Alain DOUART (MC) Sébastien ASSIE (MC) Raphaël GUATTEO (Pr) Mily LEBLANC MARIDOR (MCC)
PARASITOLOGIE AQUACULTURE FAUNE SAUVAGE	Monique L'HOSTIS (Pr) Alain CHAUVIN (Pr) Albert AGOULON (MC)	Guillaume BLANC (MC) Ségolène CALVEZ (MC) Suzanne BASTIAN-ORANGE (MC)
MALADIES REGLEMENTEES, REGLEMENTATION SANITAIRE ZONOSSES	Jean-Pierre GANIERE (Pr émérite) Carole PEROZ (MC)	Nathalie RUVOEN-CLOUET (MC)
ZOOTECNIE	Aurélien MADOUASSE (MCC) Xavier MALHER (Pr) François BEAUDEAU (Pr)	Christine FOURICHON (MC) Nathalie BAREILLE (Pr)
DEPARTEMENT DE SCIENCES CLINIQUES (DSC)		
ANATOMIE COMPAREE	Eric BETTI (MC)	Claire DOUART (MC) Claude GUINTARD (MC)
PATHOLOGIE CHIRURGICALE ET ANESTHÉSIOLOGIE	Olivier GAUTHIER (Pr) Béatrice LIJOUR (MC) Eric AGUADO (MC) Caroline TESSIER (MC)	Gwenola TOUZOT-JOURDE (MCC) Olivier GEFFROY (Pr) Eric GOYENVILLE (MC)
DERMATOLOGIE PARASITOLOGIE DES CARNIVORES ET DES EQUIDES MYCOLOGIE	Patrick BOURDEAU (Pr)	Vincent BRUET (MC)
MEDECINE INTERNE, IMAGERIE MÉDICALE et LEGISLATION PROFESSIONNELLE	Dominique FANUEL (Pr) Anne COUROUCE-MALBLANC (Pr) Catherine IBISCH (MC) Nicolas CHOUIN (MC)	Marion FUSELLIER-TESSON (MC) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Odile SENECA (MC) Françoise ROUX (MC)
BIOTECHNOLOGIES et PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION	Francis FIENI (Pr) Jean-François BRUYAS (Pr)	Lamia BRIAND-AMIRAT (MC) Djemil BENCHARIF (MC)

Mise à jour 09 2016– SFV / AR
Contrôlée par les RH

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES ALIMENTAIRES

Lionel BOILLEREAUX (Pr)
Sébastien CURET PLOQUIN (MC)
Marie DE LAMBALLERIE (Pr)
Dominique DELLA VALLE (MC)
Francine FAYOLLE (Pr)
Michel HAVET (Pr)
Dr TOUBLANC Cyril (MC)

Vanessa JURY (MC)
Alain LEBAIL (Pr)
Catherine LOISEL (MC)
Jean-Yves MONTEAU (MC)
Denis PONCELET (Pr)
Olivier ROUAUD (MC)
Laurence POTTIER (MC)

DEPARTEMENT DE MANAGEMENT, STATISTIQUES ET COMMUNICATION

MATHEMATIQUES, STATISTIQUES - INFORMATIQUE	Véronique CARIOU (MC) Philippe COURCOUX (MC) El Mostafa QANNARI (Pr)	Michel SEMENOU (MC) Chantal THORIN (PCEA) Evelyne VIGNEAU (Pr)
ECONOMIE – GESTION - LEGISLATION	Pascal BARILLOT (MC) Yvan DUFEU (MC) Florence BEAUGRAND (MC)	<i>Jean-Marc FERRANDI (Pr)</i> Sonia EL MAHJOUB (MC) Samia ROUSSELIERE (MC) Sybille DUCHAINE (MC)
COMMUNICATION - LANGUES	Franck INSIGNARES (PCEA) Linda MORRIS (PCEA) David GUYLER (PCEA)	Marc BRIDOU (PCEA) Shaun MEEHAN (PCEA) Fabiola ASENCIO (PCEA)

Pr : Professeur,

Pr A : Professeur Associé,

Pr I : Professeur Invité,

MC : Maître de Conférences,

MCC : Maître de Conférences Contractuel,

AERC : Assistant d'enseignement et de recherches,

PLEA : Professeur Lycée Enseignement Agricole,

PCEA : Professeur certifié enseignement agricole

La reproduction d'extraits de cette thèse est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée comme suit :

HENGEL J. (2016). Validation et déploiement d'une grille d'évaluation du niveau de sécurité des lots de jeunes bovins vis-à-vis des bronchopneumonies. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Nantes. Oniris : Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de L'alimentation Nantes Atlantique, p. 135

Le défaut de citation est considéré comme du plagiat. Ce dernier est puni par la loi française et passible de sanctions allant jusqu'à 3 ans d'emprisonnement et 300 000 € d'amende.

Remerciements

A Monsieur Patrick LUSTENBERGER

Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse.

Hommages respectueux.

A Monsieur Sébastien ASSIE

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à mon jury de thèse.

Pour m'avoir aidée et conseillée tout au long de ce travail.

Sincères remerciements.

A Monsieur Aurélien MADOUASSE

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à mon jury de thèse.

Sincères remerciements.

A Madame Marie-Anne LEFOL

Vétérinaire santé animale à TERRENA

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à mon jury de thèse.

Pour m'avoir aidée et conseillée tout au long de ce travail

Sincères remerciements.

A Madame Cécile GUILLON-KROON

Vétérinaire R&D AEI à TERRENA

Pour m'avoir aidée et conseillée tout au long de ce travail

Sincères remerciements.

A Monsieur François BONNEAU

Responsable Maigre à TER'ELEVAGE

Pour m'avoir aidée et conseillée tout au long de ce travail

Sincères remerciements.

A l'ensemble des techniciens, commerciaux et vétérinaires de Ter'élevage,

Pour leur implication dans le projet.

A l'ensemble des éleveurs ayant participé à l'étude.

A ma famille

A mes parents,

pour m'avoir toujours soutenue et encouragée tout au long de ces années.
Je ne vous dirai jamais assez merci pour tout ce que vous avez toujours fait pour moi.

A Ben,

pour m'avoir supportée pendant toutes ces années,
parce que même si je suis la petite soeur chiante, tu es quand même un super frangin

A Jo,

pour m'avoir aussi supportée depuis toutes ces années.
ça fait tellement longtemps que tu as rejoint notre famille que tu es bien plus qu'une belle soeur,

A Camille,

parce que même s'il faudra encore attendre quelques années avant que tu puisses lire ces quelques lignes, tu es la joie de la famille et surtout de ta tata

A Opa Pierrot,

pour m'avoir offert ces poules sans qui je ne serai sûrement pas arrivée là aujourd'hui,
pour avoir fait de notre famille ce qu'elle est aujourd'hui.
On aurait tous aimé en mettre un dessus encore une fois...

A Oma et Opa Albert, au regret de ne pas pouvoir partager ce moment avec vous,
A Mamie,

pour m'avoir toujours soutenue et pour avoir toujours été fiers de leur petite-fille,
Mârci fer àlles

Aux tatas, tontons, cousins, cousines, petits cousins, petites cousines

pour avoir toujours été là pour moi, je peux toujours compter sur vous.

A mes amis vétos

A Mathilde,

pour m'avoir supportée pendant ces 5 années de coloc' et 3 ans de prépa!
pour m'avoir toujours motivée et soutenue dans les moments moins drôles mais surtout
pour m'avoir bien fait rire dans cette coloc'

A mes copines, Alexia, Caro, Clémence, Julie, Juline, Justine, Hélène, Marion, Meumeuh, Vio

pour tous ces bons moments passés avec vous, ces voyages, ces soirées, ces sorties,
pour avoir rendus ces 5 années mémorables. Même si on se retrouve aux 4 coins de la France ou du monde, on arrivera à continuer tout ça.

Au groupe 5 de 5A PA, Achille, Alexis, BA, Barbie et Portos

parce qu'on a pas seulement déprimé pendant l'audit (clin d'oeil à la team mammite...)
C'était super de passer cette dernière année avec vous.

A tous les thésards de MAE, des logettes, de la BU et de chez Terrena, Tristan, Caro, Kamikaze, Marie, Fanny, Mathilde, Audrey, Flore... et ceux que je n'ai pas cités
pour avoir rendu cet été à bosser la thèse bien plus sympa, avec les pauses au foyer ou les nombreuses soirées, dont le rdv hebdomadaire ADP du lundi soir

A tous les parrains Nuncha et Pinatass, à nos poulots et à Fjord (qui est un peu des deux)
pour avoir rendu magique ces 4 poulottages, pour toutes ces soirées et bons moments passés avec vous

A mes amis de prépa

A Fanny, Sarah, Marie-Laure, Florian, Claire et les autres
pour avoir rendus ces années difficiles bien plus sympas

A mes amies de longue date

A Sarah ,
pour avoir toujours été là depuis 10 ans.
Même si on ne se voit pas souvent, je sais que cette amitié ne s'arrêtera jamais.

A Charlotte,
pour cette amitié qui a commencé au collège, qui s'est poursuivi à Nantes à l'école véto et qui va continuer ailleurs.

Aux Shrednis,
parce que même si tout le monde a pris son envol et que ce n'est plus comme avant, les moments passés avec vous restent inoubliables.

A tous les vétos qui m'ont accueilli en stage et qui m'ont toujours conforter dans mon choix.

A tous ceux que j'oublie et qui ont rendu ces cinq années mémorables.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ANNEXES	15
LISTE DES ILLUSTRATIONS	16
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES	19
INTRODUCTION	21
PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	23
1. FACTEURS LIES AU SYSTEME D'ENGRAISSEMENT DES JB : RISQUE QUANTIFIABLE ET MAITRISABLE	26
1.1. FACTEURS DE RISQUES LIES AUX CARACTERISTIQUES INDIVIDUELLES.....	26
1.1.1. <i>Age et poids à la mise en lot.....</i>	<i>26</i>
1.1.2. <i>Race.....</i>	<i>27</i>
1.2. FACTEURS DE RISQUES LIES AUX CONDITIONS DE MISE EN LOT	27
1.2.1. <i>Passage par des centres de tri</i>	<i>27</i>
1.2.2. <i>Constitution des lots des JB</i>	<i>28</i>
1.2.2.1. <i>Taille du lot de JB</i>	<i>28</i>
1.2.2.2. <i>Hétérogénéité de provenance des lots</i>	<i>29</i>
1.2.3. <i>Saison de mise en lot.....</i>	<i>29</i>
1.2.4. <i>Transport et région d'origine</i>	<i>30</i>
1.3. FACTEURS DE RISQUE LIES AUX CONDITIONS D'ELEVAGE EN ATELIER D'ENGRAISSEMENT	31
1.3.1. <i>Taille de l'atelier et densité animale de l'atelier.....</i>	<i>31</i>
1.3.2. <i>Quarantaine</i>	<i>32</i>
1.3.3. <i>Bâtiment.....</i>	<i>32</i>
1.3.3.1. <i>Ambiance</i>	<i>32</i>
1.3.3.2. <i>Ventilation</i>	<i>33</i>
1.3.3.3. <i>Organisation de l'espace au sein des cases</i>	<i>34</i>
1.3.4. <i>Alimentation.....</i>	<i>34</i>
1.3.4.1. <i>Arrivée en engraissement et adaptation alimentaire.....</i>	<i>34</i>
1.3.4.2. <i>Composition de la ration en concentrés et en fibres.....</i>	<i>34</i>
1.3.4.3. <i>Niveau de protéines brutes de la ration.....</i>	<i>35</i>
1.3.4.4. <i>Supplémentation vitaminique et en oligo-élément</i>	<i>35</i>
2. FACTEURS LIES A LA PERIODE AVANT LA MISE EN LOT : RISQUE DIFFICILEMENT QUANTIFIABLE ET MAITRISABLE	35
2.1. COLOSTRUM ET IMMUNITE	35
2.2. MALADIES AVANT LE SEVRAGE	37
2.2.1. <i>BPI avant sevrage et exposition aux pathogènes.....</i>	<i>37</i>
2.2.2. <i>Cas particulier de la diarrhée virale bovine (BVD)</i>	<i>37</i>
2.3. PRATIQUES AU SEVRAGE	38
2.4. STATUT VACCINAL.....	39
2.5. GENETIQUE	40

3. FACTEURS LIES A LA PERIODE PENDANT ET APRES LA MISE EN LOT : RISQUE DIFFICILEMENT QUANTIFIABLE ET MAITRISABLE VOIRE NON MAITRISABLE.....	41
3.1. EXPOSITION AUX AGENTS PATHOGENES.....	41
3.2. DUREE DE FORMATION DES LOTS ET APPROVISIONNEMENT.....	42
3.2.1. <i>Durée de formation des lots</i>	42
3.2.2. <i>Origine des animaux/approvisionnement</i>	43
3.3. METEO.....	43
4. UTILISATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES D'UTILISATION DES CONNAISSANCES SUR LES FACTEURS DE RISQUE DES BPI	44
4.1. UTILISATION DES RESULTATS OBTENUS SUR LES FACTEURS DE RISQUE DES BPI.....	44
4.2. OUTILS DE PREDICTION DU RISQUE DES BPI	46
4.2.1. <i>Grille de prédiction du risque en médecine humaine et en médecine vétérinaire</i>	46
4.2.2. <i>Application aux BPI</i>	47
PARTIE 2 : ETUDE PERSONNELLE	49
1. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	51
1.1. CADRE DE L'ETUDE.....	51
1.2. TRAVAIL DEJA REALISE	51
1.3. OBJECTIFS DE L'ETUDE PERSONNELLE	51
2. MATERIELS ET METHODES.....	52
2.1. DEFINITION DE LA GRILLE	52
2.1.1. <i>Caractéristiques du lot</i>	52
2.1.2. <i>Caractéristiques de l'élevage engraisseur</i>	54
2.2. CONSTRUCTION DE L'ECHANTILLON D'ETUDE.....	54
2.2.1. <i>Population cible</i>	54
2.2.2. <i>Population source</i>	55
2.2.3. <i>Echantillon d'étude</i>	55
2.3. OBTENTION ET ENREGISTREMENT DES DONNEES.....	56
2.3.1. <i>Récupération des données concernant les JB malades par lot</i>	56
2.3.2. <i>Données issues des logiciels de Ter'élevage</i>	56
2.3.2.1. <i>Présentation des logiciels</i>	56
2.3.2.2. <i>Récupération des données concernant les critères décrivant les ateliers d'engraissement</i>	57
2.3.2.3. <i>Récupération des données concernant les critères décrivant les lots de JB à l'entrée en engraissement</i>	57
2.3.3. <i>Saisies des données</i>	57
2.4. ANALYSE DES DONNEES	58
2.4.1. <i>Stratégie d'analyse des données</i>	58
2.4.2. <i>Description des sous-échantillons d'étude</i>	59
2.4.3. <i>Test de la note ATLESS issue de la grille ATLESS créée en 2015 par Mugnerot</i>	59
2.4.3.1. <i>Relations entre la note ATLESS et les incidences de BPI</i>	59
2.4.3.2. <i>Détermination d'un seuil discriminant au mieux les lots</i>	59
2.4.3.3. <i>Mesure de la précision de la méthode diagnostique</i>	60

2.4.4.	<i>Création et test d'une note IDEALE de prédiction d'apparition des BPI</i>	60
2.4.4.1.	Ajustement des modalités à nos sous-échantillons.....	60
2.4.4.2.	Relations entre les différents critères et les BPI.....	60
2.4.4.3.	Relations entre les différents critères deux à deux.....	61
2.4.4.4.	Choix du meilleur modèle de régression logistique.....	61
2.4.4.5.	Création de la grille idéale à partir de la régression logistique.....	62
2.4.4.6.	Détermination du seuil discriminant au mieux les lots et mesure de la précision de la méthode diagnostique.....	62
2.4.5.	<i>Proposition et test d'une nouvelle notation pour la grille ATLESS</i>	62
2.4.6.	<i>Etude des caractéristiques du classement des lots selon les seuils mis en évidence précédemment</i>	62
2.4.6.1.	Evaluation de la répartition des lots selon le classement obtenu pour la note ATLESS, la note IDEALE et la note NOUVELLE.....	62
2.4.6.2.	Effet de la note LOT et de la note ELEVAGE sur le classement des lots.....	63
2.4.6.3.	Identification des critères liés aux lots mal classés.....	63
2.4.6.4.	Recherche d'un intervalle permettant de délimiter 3 niveaux de sécurité.....	63
3.	RESULTATS	65
3.1.	DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON D'ETUDE.....	65
3.1.1.	<i>Répartition des élevages, des lots et des JB au sein des 3 sous-échantillons d'étude</i>	65
3.1.2.	<i>Description des 3 sous-échantillons d'étude à l'échelle de l'élevage</i>	66
3.1.2.1.	Répartition géographique des élevages engraisseurs.....	66
3.1.2.2.	Répartitions des critères d'élevage.....	66
3.1.3.	<i>Description des 3 sous-échantillons d'étude à l'échelle de l'individu</i>	68
3.1.3.1.	Répartition des races.....	68
3.1.3.2.	Données sanitaires à l'échelle individuelle.....	68
3.1.4.	<i>Description des 3 sous-échantillons d'étude à l'échelle du lot</i>	68
3.1.4.1.	Données quantitatives.....	68
3.1.4.2.	Données relatives aux notes ATLESS.....	69
3.1.4.3.	Données sanitaires à l'échelle du lot.....	70
3.2.	TEST DE LA NOTE ATLESS ISSUE DE LA GRILLE DE MUGNEROT (2015), CREATION D'UNE NOTE IDEALE ET D'UNE NOTE NOUVELLE.....	72
3.2.1.	<i>Sous échantillon SANS : lots n'ayant pas reçu d'antibioprévention contre les BPI à la mise en lot</i>	72
3.2.1.1.	Test de la grille ATLESS.....	72
3.2.1.1.1.	Relation entre la note ATLESS et les différents types d'incidence.....	72
3.2.1.1.2.	Recherche du seuil discriminant les lots et classement des lots suivant ce seuil.....	72
3.2.1.2.	Répartition des effectifs selon les critères.....	73
3.2.1.3.	Relations entre les différents critères et les incidences de BPI.....	75
3.2.1.4.	Création et test de la grille idéale.....	76
3.2.1.5.	Proposition et test d'une nouvelle grille.....	77

3.2.2. <i>Sous-échantillon MIX : lots sans antibioprévention ainsi que lots ayant reçu une antibioprévention et dans lesquels au moins un cas de BPI est apparu</i>	80
3.2.2.1. Test de la grille ATLESS.....	80
3.2.2.1.1. Relation entre la note ATLESS et l'incidence absence/présence de JB traités dans le lot.....	80
3.2.2.1.2. Recherche du seuil discriminant les lots et classement des lots suivant ce dernier	81
3.2.2.2. Répartition des effectifs selon les critères.....	81
3.2.2.3. Relations entre les différents critères et les incidences de BPI.....	82
3.2.2.4. Création et test de la grille idéale	82
3.2.3. <i>Sous-échantillon AVEC : lots ayant reçu une antibioprévention contre les BPI à la mise en lot</i>	84
3.2.3.1. Test de la grille ATLESS.....	84
3.2.3.1.1. Relation entre la note ATLESS et l'incidence absence/présence de JB traités dans le lot.....	84
3.2.3.1.2. Recherche du seuil discriminant les lots et classement des lots suivant ce seuil.....	84
3.2.3.2. Répartition des effectifs selon les critères.....	85
3.2.3.3. Relations entre les différents critères et l'incidence absence/présence de JB traités dans le lot.....	85
3.2.3.4. Création et test de la grille idéale	86
3.2.3.5. Création et test d'une nouvelle grille	87
3.3. ETUDE DES CARACTERISTIQUES DU CLASSEMENT DES LOTS SELON LES SEUILS MIS EN EVIDENCE PRECEDEMMENT	90
3.3.1. <i>Evaluation de la répartition des lots selon le classement obtenu pour la note ATLESS, la note IDEALE et la note NOUVELLE</i>	90
3.3.2. <i>Effet de la note LOT et de la note ELEVAGE sur le classement des lots</i>	91
3.3.3. <i>Identification des critères liés aux lots mal classés</i>	91
3.3.4. <i>Recherche d'un intervalle permettant de délimiter 3 niveaux de risque</i>	93
4. DISCUSSION	95
4.1. PRINCIPAUX RESULTATS	95
4.2. EVALUATION CRITIQUE DU MATERIEL ET METHODE.....	96
4.3. LIENS AVEC LES CONNAISSANCES ANTERIEURES	98
4.4. IMPLICATIONS ET PERSPECTIVES DE TRAVAIL.....	100
4.4.1. <i>Application</i>	100
4.4.2. <i>Prolongements et perspectives</i>	101
CONCLUSION	103
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	105
ANNEXES	113

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : LETTRE D'INFORMATION AUX ELEVEURS SUR LE CADRE DE L'ETUDE ET LA DEMARCHE A SUIVRE	113
ANNEXE II : PRESENTATION DU MODULE ATLESS DANS GICAB	114
ANNEXE III : EXTRAIT DE LA FORMATION TECHNICIEN POUR L'EVALUATION DES CRITERES ELEVAGE	115
ANNEXE IV : COURBES ROC DE LA NOTE ATLESS ET DES 2 TYPES D'INCIDENCE (SOUS-ECHANTILLON SANS)	116
ANNEXE V : RESULTATS DE L'ANALYSE UNIVARIEE DES CRITERES NON STATISTIQUEMENT LIES A L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE ET L'INCIDENCE 15% (SOUS-ECHANTILLON SANS)	116
ANNEXE VI : LIEN ENTRE LES CRITERES 2 A 2 DE LA GRILLE ATLESS, ANALYSE UNIVARIEE, TEST DE KHI DEUX (SOUS-ECHANTILLON SANS).....	117
ANNEXE VII : COURBE ROC DE LA NOTE IDEALE ET DES 2 TYPES D'INCIDENCE (SOUS-ECHANTILLON SANS)	117
ANNEXE VIII : RESULTATS DES REGRESSIONS LOGISTIQUES AYANT PERMIS LA CREATION DE LA NOUVELLE GRILLE (SOUS-ECHANTILLON SANS).....	118
ANNEXE IX : COURBE ROC DE LA NOTE NOUVELLE ET DES 2 TYPES D'INCIDENCES (SOUS-ECHANTILLON SANS).....	119
ANNEXE X : COURBES ROC DE LA NOTE ATLESS ET L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON MIX).....	120
ANNEXE XI : REPARTITION DES EFFECTIFS SELON LA GRILLE ATLESS ET MODIFICATIONS DE CERTAINES MODALITES (SOUS-ECHANTILLON MIX).....	120
ANNEXE XII : RESULTATS DE L'ANALYSE UNIVARIEE DES CRITERES NON STATISTIQUEMENT LIES A L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON MIX).....	122
ANNEXE XIII : LIEN ENTRE LES CRITERES 2 A 2 DE LA GRILLE ATLESS, ANALYSE UNIVARIEE, TEST DE KHI DEUX (SOUS-ECHANTILLON MIX)	123
ANNEXE XIV : COURBES ROC DE LA NOTE IDEALE ET L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON MIX).....	124
ANNEXE XV : REPARTITION DES EFFECTIFS SELON LA GRILLE ATLESS ET MODIFICATIONS DE CERTAINES MODALITES (SOUS-ECHANTILLON AVEC).....	124
ANNEXE XVI : RESULTATS DE L'ANALYSE UNIVARIEE DES CRITERES NON STATISTIQUEMENT LIES A L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON AVEC)	126
ANNEXE XVII : LIEN ENTRE LES CRITERES 2 A 2 DE LA GRILLE ATLESS, ANALYSE UNIVARIEE, TEST DE KHI DEUX (SOUS-ECHANTILLON AVEC).....	127
ANNEXE XVIII : COURBES ROC DE LA NOTE IDEALE ET L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS- ECHANTILLON AVEC)	128
ANNEXE XIX : RESULTATS DES REGRESSIONS LOGISTIQUES AYANT PERMIS LA CREATION DE LA NOUVELLE GRILLE (SOUS-ECHANTILLON AVEC).....	128
ANNEXE XX : COURBE ROC DE LA NOTE NOUVELLE ET DE L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS- ECHANTILLON AVEC)	129
ANNEXE XXI : EVALUATION DE LA REPARTITION DES LOTS SELON LE CLASSEMENT OBTENU POUR LA NOTE ATLESS, LA NOTE IDEALE ET LA NOTE NOUVELLE POUR TOUS LES SOUS-ECHANTILLONS.....	129
ANNEXE XXII : RESULTATS DE L'ANALYSE UNIVARIEE DES CRITERES NON STATISTIQUEMENT LIES AUX LOTS MAL CLASSES SELON LES DIFFERENTS SOUS-ECHANTILLONS, TEST DE KHI DEUX.....	131
ANNEXE XXIII : RESULTATS DES LOTS MAL CLASSES SELON L'EVALUATION DES ELEVAGES ENGRAISSEURS PAR LES TECHNICIENS.....	132
ANNEXE XXIV : REPARTITION DES LOTS SELON 2 SEUILS PROPOSES POUR LES DIFFERENTS SOUS- ECHANTILLONS	133

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

TABLEAU 1: BILAN DES FACTEURS DE RISQUES DES BPI SELON LEUR CARACTERE QUANTIFIABLE ET MAITRISABLE.....	45
TABLEAU 2 : GRILLE INITIALE CONCERNANT LES CARACTERISTIQUES DU LOT ELABOREE DANS LA THESE DE MUGNEROT (2015).....	53
TABLEAU 3 : GRILLE INITIALE CONCERNANT LES CARACTERISTIQUES D'ELEVAGE ELABOREE DANS LA THESE DE MUGNEROT (2015).....	54
TABLEAU 4 : PRESENTATION DE LA METHODE DE CLASSEMENT DES LOTS	60
TABLEAU 5 : PRESENTATION DE LA METHODE DE CLASSEMENT DES LOTS SELON LES 3 NIVEAUX DE RISQUE	64
TABLEAU 6 : REPARTITION DES MOYENS UTILISES POUR TRANSMETTRE L'INFORMATION SELON LES LOTS	65
TABLEAU 7 : REPARTITION DES JB TRAITES ET DES INCIDENCES INDIVIDUELLES DE BPI SELON LES 3 SOUS-ECHANTILLONS	68
TABLEAU 8 : DESCRIPTION DES DONNEES QUANTITATIVES « POIDS MOYEN DU LOT », « AGE MOYEN DU LOT » ET « GMQ MOYEN DU LOT » DES LOTS DE JB POUR LES 3 SOUS-ECHANTILLONS.....	69
TABLEAU 9 : DESCRIPTION DES DONNEES QUANTITATIVES « TAILLE DU LOT » ET « NOMBRE D'ELEVAGE DE PROVENANCE DANS UN LOT » DES LOTS DE JB POUR LES 3 SOUS-ECHANTILLONS.....	69
TABLEAU 10 : REPARTITION DES NOTES DE RISQUE ATLESS SELON LES 3 SOUS-ECHANTILLONS.....	70
TABLEAU 11 : REPARTITION DES LOTS AVEC DES JB TRAITES SELON LES 3 SOUS-ECHANTILLONS	70
TABLEAU 12: RESULTATS DE LA REGRESSION LOGISTIQUE ENTRE LA NOTE ATLESS ET L'INCIDENCE 15% OU L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON SANS)	72
TABLEAU 13 : CLASSEMENT DES LOTS SELON LES SEUILS DETERMINES PAR MUGNEROT (2015) ET POUR NOTRE ECHANTILLON POUR L'INCIDENCE 15% (SOUS-ECHANTILLON SANS)	73
TABLEAU 14 : CLASSEMENT DES LOTS SELON LE SEUIL DETERMINE POUR NOTRE ECHANTILLON POUR L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON SANS)	73
TABLEAU 15 : REPARTITION DES EFFECTIFS SELON LA GRILLE ATLESS ET MODIFICATIONS DES MODALITES RELATIVES AUX CRITERES « NOMBRE D'ELEVAGES DE PROVENANCE DANS UN LOT » ET « AGE MOYEN DU LOT » (SOUS-ECHANTILLON SANS).....	74
TABLEAU 16 : RESULTATS DE L'ANALYSE UNIVARIEE DES CRITERES STATISTIQUEMENT LIES AUX 2 TYPES D'INCIDENCE (SOUS-ECHANTILLON SANS)	75
TABLEAU 17 : GRILLE IDEALE POUR L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE ET L'INCIDENCE 15% (SOUS-ECHANTILLON SANS).....	76
TABLEAU 18 : RESULTATS DE LA REGRESSION LOGISTIQUE ENTRE LA NOTE IDEALE ET LES 2 TYPES D'INCIDENCE (SOUS-ECHANTILLON SANS)	77
TABLEAU 19 : CLASSEMENT DES LOTS APRES DETERMINATION DU SEUIL SELON LA NOTE IDEALE ET SELON LES 2 TYPES D'INCIDENCE (SOUS-ECHANTILLON SANS).....	77
TABLEAU 20 : NOUVELLE GRILLE CONSTRUITE A PARTIR DE LA GRILLE IDEALE A 3 CRITERES (SOUS-ECHANTILLON SANS).....	78
TABLEAU 21: RESULTATS DE LA REGRESSION LOGISTIQUE ENTRE LA NOTE NOUVELLE ET LES 2 TYPES D'INCIDENCE (SOUS-ECHANTILLON SANS)	79

TABLEAU 22 : CLASSEMENT DES LOTS APRES DETERMINATION DU SEUIL SELON LA NOTE NOUVELLE (SOUS-ECHANTILLON SANS)	80
TABLEAU 23: RESULTATS DE LA REGRESSION LOGISTIQUE ENTRE LA NOTE ATLESS ET L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON MIX).....	81
TABLEAU 24 : CLASSEMENT DES LOTS APRES DETERMINATION DU SEUIL SELON LA NOTE ATLESS (SOUS-ECHANTILLON MIX)	81
TABLEAU 25 : RESULTATS DE L'ANALYSE UNIVARIEE DES CRITERES STATISTIQUEMENT LIES A L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON MIX).....	82
TABLEAU 26 : GRILLE IDEALE POUR L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON MIX)	83
TABLEAU 27 : RESULTATS DE LA REGRESSION LOGISTIQUE ENTRE LA NOTE IDEALE ET L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON MIX)	83
TABLEAU 28 : CLASSEMENT DES LOTS APRES DETERMINATION DU SEUIL SELON LA NOTE IDEALE (SOUS-ECHANTILLON MIX)	83
TABLEAU 29: RESULTATS DE LA REGRESSION LOGISTIQUE ENTRE LA NOTE ATLESS ET L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON AVEC).....	84
TABLEAU 30 : CLASSEMENT DES LOTS APRES DETERMINATION DU SEUIL SELON LA NOTE ATLESS (SOUS-ECHANTILLON AVEC)	85
TABLEAU 31: RESULTATS DE L'ANALYSE UNIVARIEE DES CRITERES STATISTIQUEMENT LIES A L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE AVEC UN TAUX D'ERREUR A 10 % (SOUS-ECHANTILLONS AVEC)	85
TABLEAU 32: GRILLE IDEALE POUR L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON AVEC)..	86
TABLEAU 33: RESULTATS DE LA REGRESSION LOGISTIQUE ENTRE LA NOTE IDEALE ET L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON AVEC).....	86
TABLEAU 34: CLASSEMENT DES LOTS APRES DETERMINATION DU SEUIL SELON LA NOTE IDEALE (SOUS- ECHANTILLON AVEC)	87
TABLEAU 35: NOUVELLE GRILLE CONSTRUITE A PARTIR DE LA GRILLE IDEALE A 2 CRITERES (SOUS- ECHANTILLON AVEC)	87
TABLEAU 36 : RESULTAT DE LA REGRESSION LOGISTIQUE ENTRE LA NOTE NOUVELLE ET L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON AVEC).....	89
TABLEAU 37 : CLASSEMENT DES LOTS APRES DETERMINATION DU SEUIL SELON LA NOTE NOUVELLE (SOUS-ECHANTILLON AVEC)	89
TABLEAU 38 : REPARTITION DES LOTS EN COMMUN D'APRES LES CLASSEMENTS OBTENUS SELON LA NOTE ATLESS ET LA NOTE NOUVELLE POUR L'INCIDENCE 15% (SOUS-ECHANTILLON SANS) 90	
TABLEAU 39: REPARTITION DES LOTS EN COMMUN D'APRES LES CLASSEMENTS OBTENUS SELON LA NOTE ATLESS ET LA NOTE IDEALE POUR L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON MIX)	90
TABLEAU 40 : COMPARAISON DES CARACTERISTIQUES DES CLASSEMENTS DES LOTS SELON LA NOTE LOT, LA NOTE ELEVAGE ET LA NOTE ATLESS POUR CHAQUE SOUS-ECHANTILLON.....	91
TABLEAU 41 : RESULTATS DE L'ANALYSE UNIVARIEE DES CRITERES SIGNIFICATIVEMENT LIES AUX LOTS MAL CLASSES DANS CHAQUE SOUS-ECHANTILLON AVEC ACCEPTATION D'UN TAUX D'ERREUR INFERIEUR A 10 % (TEST DE KHI DEUX)	92
TABLEAU 42 : POURCENTAGE DE LOTS MAL CLASSES SELON LA NOTE ATLESS EN SUPPRIMANT LES LOTS PRESENTANT LA MODALITE RESPONSABLE DU MAUVAIS CLASSEMENT POUR LES SOUS- ECHANTILLONS SANS ET MIX.....	92

TABLEAU 43 : POURCENTAGE DE LOTS MAL CLASSES SELON LA NOTE ATLESS EN SUPPRIMANT LES LOTS DANS LA MODALITE RESPONSABLE DU MAUVAIS CLASSEMENT POUR LES SOUS-ECHANTILLONS SANS INCIDENCE 15% ET AVEC	93
TABLEAU 44 : REPARTITION DES LOTS SELON 2 SEUILS PROPOSES POUR LE SOUS-ECHANTILLON MIX..	94

Liste des figures

FIGURE 1 : ECHELLE DE RISQUE AVEC ETABLISSEMENT D'UN INTERVALLE DELIMITE PAR 2 SEUILS	63
FIGURE 2 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES ELEVAGES ENGRAISSANT DES LOTS AYANT PARTICIPE A L'ETUDE	66
FIGURE 3 : PROPORTION DES CRITERES « PULMATOP® », « QUARANTAINE » ET « VERIFICATION DES ANIMAUX PAR L'ELEVEUR » AU SEIN DES ELEVAGES DE CHAQUE SOUS-ECHANTILLON	67
FIGURE 4 : PROPORTION DES CRITERES « TAILLE DE L'ATELIER », « TRANSITION ALIMENTAIRE » ET « VENTILATION/AMBIANCE DU BATIMENT » AU SEIN DES ELEVAGES DE CHAQUE SOUS-ECHANTILLON	67
FIGURE 5 : PROPORTION DES RACES SELON LES 3 SOUS-ECHANTILLONS	68
FIGURE 6 : PROPORTION DE LOTS AYANT REÇU AU MOINS UN TRAITEMENT CONTRE LES BPI DANS LES 15 JOURS ET PROPORTION DE LOTS MIS EN PLACE SELON LES MOIS.....	71
FIGURE 7 : REPARTITION DES TRAITEMENTS DES LOTS DE JB EN FONCTION DES CLASSES D'INCIDENCE DE BPI DANS LE SOUS-ECHANTILLON SANS	71
FIGURE 8: COURBE ROC DE LA NOTE ATLESS ET DE L'INCIDENCE ABSENCE/PRESENCE (SOUS-ECHANTILLON AVEC)	85

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES

- AIC** (Akaike Information Criterion) : critère d'information d'Akaike
- BHV-1** (Bovine HerpesVirus) : herpèsvirus bovin de type 1
- BPI** : BronchoPneumonie Infectieuse
- BVD** (Bovine Viral Diarrhea) : diarrhée virale bovine
- BVDV** (Bovine Viral Diarrhea Virus) : virus de la diarrhée virale bovine
- FN** : Faux Négatif
- FP** : Faux Positif
- GMQ** : Gain Moyen Quotidien
- IBR** (Infectious Bovine Rhinotracheitis) : rhinotrachéite infectieuse bovine
- IC** : Intervalle de confiance
- IgG** : Immunoglobuline G
- IPI** : Infecté Permanent Immunotolérant
- JB** : Jeune Bovin
- MS** : Matière Sèche
- OR** : Odds Ratio
- PI3** : virus ParaInfluenza de type 3
- ROC** : Receiver Operating Characteristic
- UFV** : Unité Fourragère Viande
- UI** : Unité Internationale
- VN** : Vrai Négatif
- VP** : Vrai Positif
- VRSB** : Virus Respiratoire Syncytial Bovin

INTRODUCTION

La production de jeunes bovins (JB) est un type de production très présent dans le Grand Ouest de la France. En effet, 65 à 70% de la viande de JB engraisée en France est produite dans cette région. En France, cette production consiste dans l'engraissement, de façon intensive, de jeunes bovins mâles non castrés âgés de 7 à 10 mois (4 mois pour les broutards légers) jusqu'à l'âge de 15 à 20 mois (Bareille 2016). Les JB sont soit nés sur l'élevage, soit achetés pour être engraisés. De ce fait, il existe 3 types d'élevage de JB en France, les naisseurs-engraisseurs sans achat, les naisseurs-engraisseurs avec achat ainsi que les engraisseurs spécialisés. L'achat de broutards implique souvent le passage des JB par un centre d'allotement ou centre de tri afin de constituer des lots de race ou de poids homogènes.

Au sein de ces ateliers d'engraissements, les troubles respiratoires constituent, durant les premières semaines, la dominante pathologique puisque cette maladie représente de 70 à 80% des troubles de santé et 40 à 50% de la mortalité en engraissement (Smith 1998). Pour définir ces troubles, on parle de bronchopneumonies infectieuses (BPI) car ce sont des maladies infectieuses des bronches et des poumons. Les BPI ont une étiologie souvent multifactorielle. En effet, les cas apparaissent lorsque se combinent les effets conjoints d'agents pathogènes avec des prédispositions propres à l'animal (race, âge, stress, baisse d'immunité) mais aussi avec des pratiques d'élevage ou avec l'environnement (Callan et Garry 2002). Les agents pathogènes majeurs, viraux ou bactériens, pouvant être impliqués dans ce complexe sont nombreux. On retrouve notamment : le Virus Respiratoire Syncytial Bovin (VRSB), le virus Parainfluenza de type 3 (PI3), l'Herpès Virus Bovin de type 1 (BHV 1) responsable de l'IBR, le Virus de la Diarrhée Virale Bovine (BVDV), *Pasteurella Multocida*, *Mannheimia haemolytica*, *Histophilus somni*, *Mycoplasma bovis* (Cusack et al. 2003, Assié et Douart 2013).

Les BPI peuvent occasionner des pertes économiques importantes avec un coût estimé à près de 576 millions d'euros par an en Europe (Nicholas et Ayling 2003). Dans un élevage, les revenus nets par an peuvent être diminués de 25% en cas d'incidence élevée de BPI. Cet impact économique est surtout dû à la mortalité (70%), aux coûts de traitement (15%), aux retards de croissance (coût alimentaire supplémentaire) (13%) mais aussi aux saisies en abattoirs et à la prophylaxie (Bareille 2008). Ainsi, un meilleur contrôle des BPI en atelier d'engraissement est un enjeu majeur. Afin de les prévenir, une vaccination peut être réalisée et une prévention antibiotique peut également être pratiquée. Cependant, dans le contexte actuel de réduction de l'utilisation des antibiotiques, le plan EcoAntibio 2017 prévoit un usage prudent et raisonné de ces médicaments. L'objectif est de réduire sur 5 ans leur consommation de 25% en médecine vétérinaire. Actuellement, de nombreux facteurs impliqués dans les BPI ont été étudiés et l'utilisation actuelle des connaissances sur ces facteurs de risque permettrait d'améliorer les mesures de maîtrise et de prévention tout en limitant la consommation d'antibiotique.

Un rapport de l'Anses publié en 2014 précise qu'une analyse de risque sur les lots de JB entrant en atelier d'engraissement devrait être mise en place afin de limiter les traitements de groupe à l'allotement. En effet, il faudrait cibler les traitements métaphylactiques sur une sélection de JB à risque élevé (Pardon et al. 2015). Actuellement, l'influence des facteurs impliqués dans les BPI permettant le classement des bovins dans des groupes de niveau de risque différent, n'a pas encore vraiment été étudiée. Cependant, une étude a essayé d'évaluer les capacités de certains modèles à prédire la morbidité cumulative associée aux BPI en utilisant des facteurs de risque liés aux BPI (Babcock et al. 2013). De plus, une grille de prédiction du risque d'avoir une BPI a été publiée en Italie en 2013 (Compiani 2013). Ainsi l'utilisation de grilles permettant d'évaluer le risque d'apparition de BPI serait un outil intéressant dans l'amélioration de leur gestion en atelier d'engraissement. De plus, cela répondrait aux attentes réglementaires ainsi qu'à celles des différents acteurs de la filière, éleveurs, groupements de producteurs ou encore vétérinaires qui souhaitent aujourd'hui disposer d'outils permettant d'évaluer les risques de survenue des troubles de santé tout en diminuant la consommation d'antibiotiques.

Dans ce contexte et afin de répondre à ces attentes, notre étude a été initiée par Ter'élevage (Union de Groupements de producteurs du Grand Ouest) et s'inscrit dans le cadre du projet SANT'Innov regroupant de nombreux partenaires scientifiques et socio-économiques du Grand Ouest. Depuis 2011, Ter'élevage développe une grille de prédiction du risque d'apparition de BPI chez les JB à l'entrée en engraissement. Celle-ci a été améliorée et évaluée par Mugnerot en 2015 (Thèse vétérinaire). Afin de pouvoir utiliser cet outil pour réserver la prescription de traitements collectifs à des lots à risque élevé, les objectifs de notre étude sont les suivants :

- tester cet outil sur une période plus large et avec plus de données afin d'augmenter sa capacité prédictive,
- proposer de nouvelles notes pour améliorer l'outil,
- comprendre les limites de cet outil,
- déployer cet outil dans les centres de tri de Ter'élevage.

PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

De nombreux auteurs ont étudié la survenue des bronchopneumonies (BPI) chez les jeunes bovins (JB) à l'engraissement. Il s'agit d'une des maladies les plus coûteuses et les plus étudiées depuis la fin du 18^e siècle (Taylor et al. 2010). Les recherches ont permis de comprendre leur fonctionnement et d'expliquer leur fréquence. Mais malheureusement, cela n'a pas vraiment permis de diminuer les taux de morbidité et de mortalité. Cela s'explique peut être par le fait qu'aujourd'hui, les techniques d'élevage spécifiques à cette filière sont telles qu'elles prédisposent à l'apparition de ces BPI (Callan et Garry 2002). En effet, l'apparition des BPI n'est pas conditionnée que par la présence d'agents pathogènes qui certes sont des facteurs déterminants mais aussi par la présence de facteurs prédisposant et favorisant qui dépendent de l'animal et des techniques d'élevage (Assié et Douart 2013). Ces facteurs augmentent le risque d'apparition du danger c'est-à-dire la probabilité de la survenue des BPI, on parle alors de facteurs de risque (Toma et al. 2010) .

Les techniques d'élevage de cette filière sont basées sur l'engraissement des bovins de façon intensive après leur sevrage de quelques mois à un an selon les pays (France, Canada, Etats-Unis, Australie, Italie...). La majorité des études a été menée en Amérique du Nord (USA, Canada) mais aussi en Australie où le système de production est complètement différent de ce qui se fait en Europe en terme de fonctionnement ou de bâtiments (Compiani 2013). En effet, dans ces pays, les bovins sont élevés en plein air dans des feedlots qui peuvent contenir de 100 à 130 000 bovins (Edwards 2010). De ce fait, les définitions et les résultats obtenus pour certains facteurs de risque des BPI en feedlots ne sont pas toujours complètement extrapolables voire n'ont pas de sens pour les systèmes de production française.

Les facteurs de risques impliqués dans ces BPI ont été mis en évidence lors d'études observationnelles en condition de terrain (Ribble et al. 1995 ; Hay et al. 2016) ou par des consensus d'experts (Van der Fels-Klerx et al. 2000). La liste des facteurs de risque impliqués est longue et concerne des facteurs liés à l'animal comme par exemple l'âge, le poids, l'immunité, le stress ou des facteurs liés aux conditions d'élevage comme par exemple la météo, le transport, le mélange avec d'autres animaux (Callan et Garry 2002 ; Taylor et al. 2010).

Pour pouvoir agir efficacement contre les BPI, il est nécessaire (*i*) de connaître les facteurs auxquels les JB sont exposés, (*ii*) de quantifier l'exposition des JB à ces facteurs (*iii*) pour pouvoir le cas échéant les maîtriser de manière efficace. La liste des facteurs auxquels les JB sont soumis est assez bien connue. Cependant, en condition de terrain, le risque est très difficilement quantifiable. En effet, souvent, les engraisseurs ne disposent pas des informations nécessaires pour quantifier l'exposition de leurs JB au risque. Enfin, alors que certains risques sont maîtrisables, d'autres le sont beaucoup plus difficilement (par exemple les conditions météorologiques) et leur maîtrise est alors impossible.

Par la suite, nous nous intéresserons aux différents facteurs auxquels les JB sont exposés au cours de leur vie et qui sont impliqués dans les BPI, en les classant selon qu'il soit possible ou non de mesurer l'exposition à ces facteurs et donc de quantifier le risque

associé et selon qu'il soit possible ou non de les maîtriser. Dans un premier temps nous nous intéresserons aux facteurs liés au système d'engraissement des JB dont les risques sont quantifiables et maîtrisables, puis nous étudierons ceux impliqués dans les BPI avant la mise en lot et dont les risques associés ne sont pas quantifiables en routine souvent par manque d'information disponible et de ce fait sont non maîtrisables, enfin nous nous intéresserons aux facteurs impliqués dans les BPI pendant et après la mise en lot dont les risques sont également non quantifiables et non maîtrisables en conditions de terrain. Nous terminerons sur l'utilisation actuelle de ces connaissances dans la capacité à prédire les BPI.

1. FACTEURS LIES AU SYSTEME D'ENGRASSEMENT DES JB : RISQUE QUANTIFIABLE ET MAITRISABLE

1.1. Facteurs de risques liés aux caractéristiques individuelles

1.1.1. Age et poids à la mise en lot

D'une manière générale, il a été montré que les animaux les plus légers et les plus jeunes présentent un risque d'avoir une BPI 2 à 5 fois plus élevé que les plus lourds et plus âgés (Assié et al 2006 ; Sanderson et al 2008 ; Velly 2007 ; Taylor et al. 2010 ; Cernicchiaro et al. 2012 ; Hay et al. 2016). Etant donné leur lien étroit, l'âge et le poids sont souvent étudiés comme un seul et même facteur. En général seul le poids à la mise en lot est pris en compte dans les analyses statistiques car souvent l'âge n'est pas connu (Hay et al. 2016). Cependant, Faber et al. (2000) ont montré que les animaux les plus jeunes ont plus de risque d'avoir une BPI que les plus vieux car plus de 50% des animaux de moins de 4 mois sont atteints de BPI alors que moins de 20% des animaux de plus de 6 mois sont malades. De plus, le risque de contracter une BPI est 2 fois plus élevé chez les animaux de moins de 270 jours (Velly 2007). Concernant le poids, Cernicchiaro et al. (2012) rapportent que les bovins de moins de 318 kg ont 1,4 fois plus de risque d'avoir une BPI alors que dans une autre étude, les animaux de plus de 318 kg semblent être moins sensibles aux BPI car ils ont 5 fois moins de risque de déclencher la maladie (Sanderson et al 2008). De même, il a été mis en évidence que le risque est modérément réduit (presque divisé par 2) chez les animaux de plus de 480 kg (Hay et al. 2016). Enfin, en Italie, une grille d'évaluation du risque de BPI a été créée dans le cadre d'une thèse universitaire et les animaux considérés les plus à risque sont ceux de poids inférieurs à 250 kg et ceux considérés les moins à risque sont de poids supérieurs à 480 kg (Compiani 2013).

Le poids à la mise en lot est très lié à l'âge et donc au développement du système immunitaire qui n'est pas encore mature. De ce fait, les jeunes, c'est à dire les plus légers, sont plus naïfs et ont eu moins d'opportunité que les autres d'être exposés à des pathogènes. Leur immunité est donc moins bonne (Sanderson et al 2008).

Les lots mis en place chez les engraisseurs ou dans les feedlots, sont formés en général en se basant sur des poids semblables afin de faciliter la conduite d'élevage mais cette

homogénéisation peut augmenter jusqu'à 3 fois le risque d'avoir une BPI. Cette volonté d'homogénéisation se justifie par l'objectif d'avoir des animaux évoluant à la même vitesse dans le but d'avoir des lots homogènes en poids à l'abattoir. Cependant, il a été montré que les lots homogènes en poids à la mise en lot ont 3 fois plus de risque d'avoir une BPI alors que le risque est multiplié par 2 pour les lots initialement hétérogènes (Mounier et al. 2005). De plus, il a été montré au cours de cette étude que la variabilité des poids a diminué au sein des lots initialement hétérogènes alors qu'elle a augmenté au sein des lots initialement homogènes en poids. En revanche les observations sont différentes en ce qui concerne l'âge. En effet, il a été montré que les lots d'âge moyen faible et hétérogènes ont un risque 8 fois plus élevé d'avoir une BPI alors que les lots d'âge moyen faible et homogène ont un risque 4 fois plus élevé, les lots homogènes en âge sont donc les moins à risque (Velly 2007). Ces résultats sont en accord avec l'étude de Mounier et al. (2005). Ces pratiques d'homogénéisation des lots basées sur le poids ou l'âge perturbent la mise en place d'une hiérarchie chez les bovins et augmentent les interactions agressives. Les JB seraient ainsi plus stressés les rendant donc plus vulnérables aux BPI.

1.1.2. Race

Les races bovines présentes en France ont été peu étudiées quant à leur relation dans l'apparition des BPI, cependant certaines races peuvent être plus fréquemment malades comme cela a été montré en Amérique du Nord où la race Hereford présente entre 2 et 10 fois plus de risque d'avoir une BPI que les autres races (Snowder 2006 ; Cusack et al 2007 ; Hay et al. 2016). Cusack et al (2007) ont également montré que la race Murray Grey et Angus ont respectivement un risque de contracter une BPI 6 et 5 fois plus élevé. D'après la grille italienne, la race Blonde d'Aquitaine est considérée la plus à risque alors que les Aubracs, les Salers et les croisées Charolaises ont une note de risque plus faible (Compiani 2013). En revanche, pour certains auteurs, la race ne semble pas être un facteur de risque significatif d'apparition des BPI (Velly 2007).

Les différences de risques d'apparition de BPI observées entre races peuvent s'expliquer notamment par une différence au niveau génétique qui sera détaillée plus loin (Hay et al. 2016).

1.2. Facteurs de risques liés aux conditions de mise en lot

1.2.1. Passage par des centres de tri

Le passage des bovins par un centre de tri avant l'entrée en atelier d'engraissement est très fréquent dans le système de production français. Les broutards sont collectés dans les élevages naisseurs par des négociants ou des groupements de producteurs. Ils sont transportés en général vers des centres de tri dépendant d'un groupement de

producteurs où ils sont regroupés par lots selon la volonté de l'éleveur engraisseur de façon à faciliter la conduite d'élevage.

Ce passage par des lieux de regroupement (ces centres de tri ou par des marchés à bestiaux par lesquels la vente est également possible) augmente le risque d'apparition des BPI (Créton 1991 ; Velly 2007). De plus, dans une étude française ancienne, il a été observé que dans la classe de faible morbidité (5 à 15 % de JB malades), 45 % des animaux ne sont pas passés par un centre de tri alors que dans la classe de morbidité forte (45 à 50 % des JB malades), 70 % des JB ont séjourné pendant plus de 24 heures dans un centre de tri (Créton 1991). Gauthier (1988) montre une atteinte plus importante des lots restés plus de 24 heures au centre. Le risque serait ainsi plus grand lors de séjours longs dans ces centres. En effet, le passage des animaux par un centre de tri augmente leur stress étant donné que des animaux d'âge, de poids, de sensibilité et de provenance différents sont mis en contact (Ribble et al. 1995 ; Step et al. 2008 ; Hay et al. 2014). De plus, ce brassage d'animaux en un lieu donné augmente le risque d'exposition aux différents agents pathogènes. Ces éléments favoriseraient le développement des BPI. Enfin, tout comme pour les centres de tri, le risque peut être augmenté jusqu'à 3 fois si les animaux sont passés par un marché à bestiaux avant la mise en lot (Hay et al. 2014).

1.2.2. Constitution des lots des JB

1.2.2.1. Taille du lot de JB

Les résultats des études montrant l'influence de la taille du lot de JB, c'est-à-dire le nombre de JB mis en place à une même date et dans une même case, sur l'apparition des BPI sont discordants d'une étude à l'autre mais il ressort tout de même que les lots de plus grande taille sont le plus à risque de contracter une BPI. En effet, dans une étude américaine, les lots supérieurs à 91 bovins ont 1,3 fois plus de risque d'avoir une BPI (Cernicchiaro et al. 2012). En France, le risque est moindre pour des lots d'animaux inférieurs à 20 bovins. En effet, dans la classe à faible morbidité (5 à 15 % de JB malades), 50% des animaux appartiennent à des lots inférieurs à 20 JB alors que dans la classe à morbidité moyenne (20 à 35% de morbidité), plus de 60% des animaux font partie de lots supérieurs à 30 JB (Créton 1991). De plus, le score de risque le plus élevé dans la grille italienne a été attribué aux lots de taille supérieure à 30 et le moins élevé à ceux de taille inférieure à 10 bovins (Compiani 2013). En revanche, une étude australienne a montré qu'appartenir à un lot supérieur à 100 animaux diminue le risque de BPI par 2 (Hay et al. 2014).

Il est important de noter que la taille du lot peut refléter d'autres caractéristiques telles que l'approvisionnement, la gestion, les infrastructures, la densité ou encore le nombre de contacts entre animaux. En effet, les résultats de l'étude de Hay et al. (2014) sont à prendre avec précaution étant donné les pratiques spécifiques du système d'élevage en Australie et le fait que dans cette étude, les animaux ont été placés dans ce gros groupe 13 jours avant l'arrivée en feedlot. Enfin, la facilité d'inspection des cases avec peu

d'animaux semble expliquer pourquoi les JB issus de lots de taille plus petite sont moins à risque d'avoir une BPI (Galyean et al. 1999).

1.2.2.2. Hétérogénéité de provenance des lots

Un lot est généralement formé avec des animaux provenant de plusieurs élevages naisseurs différents et plusieurs études ont montré que cette hétérogénéité de provenance est un facteur pouvant multiplier le risque d'apparition de BPI jusqu'à 8 (Assié et al. 2006 ; Bonne 2007 ; Velly 2007 ; Taylor et al. 2010). En effet, dans une étude française, les lots avec un indice d'hétérogénéité supérieur à 0,65 (calculé à partir du nombre d'élevages d'origine dans un lot) ont 8 fois plus de risque de contracter une BPI (Bonne 2007). Ce mélange d'animaux provenant de plusieurs sources apparaît également comme facteur augmentant les risques de BPI dans des études étrangères (Ribble et al. 1995 ; Sanderson et al. 2008 ; Step et al. 2008 ; Taylor et al. 2010 ; Hay et al. 2014). En Amérique du Nord, les lots sont généralement formés dans les camions. En effet, les bovins, souvent issus de marchés à bestiaux ou de ventes aux enchères sont triés en petit groupe selon leur race, sexe, poids pour être présentés puis, plusieurs de ces petits groupes sont achetés pour remplir un camion (90 places environ). Une fois arrivés dans les feedlots, plusieurs camions sont combinés afin de former des cases de 150 à 300 veaux (Ribble et al. 1995). La taille des lots est assez constante en général. De ce fait, les animaux qui sont achetés dans des zones avec des petites tailles de troupeau sont donc plus mélangés avec des animaux d'autres sources (Thomson et White 2006). De plus, dans ces zones, la plupart des fermes ne contribuent qu'à hauteur de 1 ou 2 bovins par camion (Ribble et al. 1995). Selon Sanderson et al. (2008), les animaux provenant de plusieurs sources ont 2 fois plus de risque d'avoir une BPI que ceux provenant de source unique. Il y a 5 fois plus de risque d'avoir une BPI chez les animaux dans les lots qui ont été formés à partir de plus de 4 groupes d'animaux (Hay et al. 2014). Enfin, il a été mis en évidence que la durée avant le premier traitement est de 7 jours pour les animaux venant de plusieurs origines, 11 jours s'il y a mélange d'animaux d'une origine avec d'autres d'origines différentes, et 18 jours s'ils viennent du même endroit (Step et al. 2008).

Mélanger des JB de sources différentes engendre des conditions de stress importantes et expose les animaux à de nouveaux agents pathogènes comme cela peut être le cas pour les animaux passant par un centre de tri, les rendant ainsi plus vulnérables aux BPI (Ribble et al. 1995).

1.2.3. Saison de mise en lot

La plupart des auteurs s'accordent pour dire que la fréquence des BPI est plus importante en automne et en hiver avec un risque d'avoir une BPI qui peut être multiplié jusqu'à 8 à cette période (Ribble et al. 1995 ; Assié et al. 2006 ; Velly 2007 ; Gay et Barnouin 2009 ; Cernicchiaro et al. 2012 ; Hay et al. 2016). Tout d'abord, il est important de noter que souvent, les études sont réalisées non pas sur une année entière mais sur une saison (souvent automne-hiver) ce qui peut biaiser les résultats (Ribble et

al. 1995 ; Cusack et al. 2007). En France, 80% des animaux sont atteints pendant la période froide (Gay et Barnouin 2009) et d'autres études françaises ont montré que le risque est augmenté lors de mise en lot précoce (septembre-octobre) (Assié et al. 2006). En effet, un bovin allotté à cette période a presque 3 fois plus de risque d'avoir une BPI par rapport à janvier (Velly 2007). Cela est également confirmé dans une étude australienne (Hay et al. 2016). En Amérique du Nord, les animaux entrant en parc d'engraissement en novembre ont entre 2 et 8 fois plus de risque de mourir de BPI que ceux qui entrent en septembre ou en décembre (Ribble et al. 1995). Enfin, dans la grille d'évaluation italienne, la note la plus mauvaise est attribuée aux lots mis en place à la fin de l'automne et en début d'hiver alors que la note la plus faible est attribuée à l'été (Compiani 2013). Cependant, l'été semble également jouer en faveur de l'apparition des BPI avec un risque qui peut être multiplié par 2,4 (Cernicchiaro et al. 2012 ; Hay et al. 2016).

L'augmentation du risque d'apparition de BPI en été n'est pas clairement expliquée par les différents auteurs mais il semblerait que cet effet soit corrélé à d'autres facteurs tels que la région d'origine (climat subtropical humide ou semi-aride,...) ou le transport. En effet, en été, avec la chaleur, les animaux voyageant sur de plus grandes distances souffrent plus de la privation d'eau ou des problèmes de ventilation engendrant ainsi plus de stress. Ils présentent donc une vulnérabilité plus élevée aux BPI (Cernicchiaro et al. 2012).

L'automne est une période où les JB sont le plus sensibles aux BPI en raison notamment de la météo, de l'âge des animaux et l'activité de la filière. En effet, en septembre/octobre les bovins ne seraient pas encore acclimatés à la météo froide et humide qui diminue les défenses locales et qui favorise de ce fait les BPI (Hay et al. 2016). De plus les bovins mis en place plus tardivement (janvier) sont plus âgés que ceux mis en place à l'automne et ces derniers présentent encore un système immunitaire naïf vis-à-vis des BPI (Velly 2007) . Enfin, il faut noter que cette période correspond au pic de vente des broutards, période durant laquelle les temps d'attente pendant le transport ainsi que le confinement sont augmentés. De plus, durant cette période d'achat maximal, la densité dans les marchés ou les centres de tri est grande, augmentant ainsi le nombre de contacts potentiels entre animaux et par conséquent la propagation des BPI. Avec l'arrivée de tous ces bovins en engraissement, le personnel est moins disponible pour réaliser les soins et il est possible que la détection soit sous-estimée (Ribble et al. 1995).

1.2.4. Transport et région d'origine

Etant donné l'organisation de la filière qui dépend notamment des ressources alimentaires disponibles pour l'engraissement des JB, les bovins sont en général transportés au moins une fois dans leur vie (Taylor et al. 2010) et parfois sur de grandes distances plus ou moins longtemps. Dans le système des feedlots américains, la durée de transport peut atteindre plusieurs jours voire plusieurs semaines étant donné la superficie du pays. En France, les approvisionnements par achat concernent les

engraisseurs spécialisés ou les naisseurs-engraisseurs avec achat et la durée de transport n'excède en général pas quelques jours.

Quelques études ont essayé de mettre en évidence un lien entre le transport et le risque d'apparition des BPI et il apparaît que le risque d'avoir une BPI peut être multiplié jusqu'à 2 fois si la distance ou le temps de transport augmentent (Cole et al. 1988 ; Sanderson et al. 2008 ; Cernicchiaro et al. 2012 ; Hay et al. 2014). En effet, le risque est augmenté pour des distances supérieures à 250 km (OR = 1,7 à 1,9) (Cernicchiaro et al. 2012) et il augmente de 10% tous les 160 km supplémentaires (Step et al. 2008). Une étude française, plus ancienne, a montré qu'un transport de plus de 200 km est un facteur de risque majoritaire des BPI car 60% des animaux ayant parcouru plus de 200 km présentent une morbidité forte (entre 45 et 50%) (Créton 1991). En complément de la distance, il a été montré que les animaux transportés pendant plus de 6 heures présentent un risque augmenté d'avoir une BPI (OR = 1.2) (Hay et al. 2014). De même, Compiani (2013) considère que c'est la durée de transport et non la distance qui influe sur le risque d'avoir une BPI en attribuant la plus mauvaise note à une durée de transport supérieure à 48 heures. En revanche certains auteurs n'ont pas mis en évidence de lien entre la distance de transport et le risque de contracter une BPI (Ribble et al. 1995).

Il est important de noter que la distance parcourue peut être associée à de nombreux autres facteurs tels que la place dans le camion, la ventilation, la privation d'eau ou d'aliments, le mélange d'animaux, les conditions sanitaires du véhicule, les conditions climatiques ou la conduite qui peuvent être source de stress (Cernicchiaro et al. 2012). En effet, de nombreux auteurs s'accordent à dire que le transport est un facteur de stress important (Ribble et al. 1995 ; Buckham Sporer et al. 2008 ; Edwards 2010). Le stress du transport a des effets sur le métabolisme comme cela est montré par les changements significatifs dans les concentrations plasmatiques en albumine, globuline, urée, protéine totale et créatine kinase. De plus, une augmentation marquée du cortisol est notée (Buckham Sporer et al. 2008 ; Edwards 2010) ainsi qu'une diminution du nombre de leucocytes altérant l'immunité des bovins. Il a été montré chez le zébu que cette diminution de leucocytes et de la fonction lymphocytaire au moment du transport est à nouveau normalisée 6 heures après le transport. Il y a donc une période où les bovins sont plus vulnérables aux BPI (Stanger et al. 2005).

1.3. Facteurs de risque liés aux conditions d'élevage en atelier d'engraissement

1.3.1. Taille de l'atelier et densité animale de l'atelier

Les études s'intéressant à l'influence de la taille et de la densité de l'atelier d'engraissement sur l'apparition des BPI sont peu nombreuses mais il a été démontré dans une étude française que les animaux issus d'ateliers supérieurs à 50 animaux ont 1,34 fois plus de risque d'avoir une BPI (Gay et Barnouin 2009). De plus, une étude norvégienne a mis en évidence qu'augmenter la taille du troupeau de 50 animaux,

multiplie par 3 le risque d'avoir une BPI (Norström et al. 2000). Enfin, Compiani (2013) a décidé d'attribuer les plus mauvaises notes pour les élevages qui élèvent le plus de bovins par an. Selon certains auteurs, la densité semblerait également jouer un rôle dans l'apparition des BPI (Losinger et Heinrichs 1996). En effet, selon un consensus d'experts, la densité fait partie des 3 facteurs de risque prédominants dans la survenue des BPI (Van der Fels-Klerx et al. 2000). Une surface au sol inférieure à 3,5 m² par animal apparaît comme étant un facteur de risque de BPI (Créton 1991). En revanche, Hay et al. (2014) n'ont pas montré de lien évident entre la densité des cases ainsi que le nombre de cases adjacentes et le risque de BPI. Une densité animale trop élevée contribue à favoriser la transmission d'agents pathogènes entre animaux ainsi que les stress sociaux et détériore également les paramètres d'ambiance. Enfin, lorsqu'il y a plus d'animaux dans un troupeau, la surveillance est plus difficile à effectuer favorisant ainsi la propagation des BPI (Compiani 2013).

1.3.2. Quarantaine

Peu d'études se sont intéressées à l'effet d'une mise en quarantaine des JB, après leur arrivée en atelier et avant d'intégrer les bâtiments principaux d'engraissement, sur le risque d'apparition des BPI bien que Créton (1991) a mis en évidence que les animaux ne faisant pas l'objet d'une quarantaine sont plus atteints de BPI. Malgré le manque de données sur cette quantification du risque, de nombreux auteurs s'accordent pour dire que la mise en place d'une quarantaine permettrait de réduire les risques de BPI. Etant donné que l'excrétion nasale virale est significativement réduite 14 jours après le début de l'infection, il peut être supposé qu'une quarantaine entre 14 et 21 jours soit efficace pour réduire l'exposition et la transmission des pathogènes (Callan et Garry 2002). Urban-Chmiel et al. (2012) préconisent de garder l'animal isolé pendant 30 jours. C'est cette même durée qui est considérée comme étant la moins à risque dans le grille italienne (Compiani 2013). La mise en quarantaine des animaux achetés leur permet de s'adapter à la transition alimentaire et au nouveau milieu. De plus, elle prémunit les animaux déjà présents dans l'exploitation d'une éventuelle pathologie portée par les nouveaux arrivants (Créton 1991).

1.3.3. Bâtiment

L'ambiance et l'occupation des bâtiments sont connues pour être des facteurs de risque des BPI notamment par leur action sur les mécanismes de défense de l'appareil respiratoire. Cependant peu d'études n'ont jusque-là quantifié ces risques.

1.3.3.1. *Ambiance*

Les paramètres d'ambiance, regroupant principalement la température et l'hygrométrie de l'air, la pollution physique, la pollution chimique ainsi que la pollution biologique, jouent un rôle non négligeable dans les mécanismes de défense de l'organisme contre les BPI (Malher 2015).

La pollution physique est notamment caractérisée par une charge importante de l'air en poussière et cela est néfaste à la santé des animaux. En effet, elle favorise des affections pulmonaires en raison de son caractère irritant, allergène et son rôle de vecteurs d'agents pathogènes (Malher 2015). Cette présence de poussières en élevage est associée aux BPI avec une augmentation de l'incidence des BPI pour un diamètre de particules compris entre 2 et 3,3 μm (Taylor et al. 2010).

Le gaz présent dans les bâtiments d'élevage, qui est fréquemment mis en cause lors de troubles respiratoires, est l'ammoniac. Son action est irritante et provoque de nombreuses lésions augmentant ainsi la réceptivité de l'appareil respiratoire aux agents pathogènes (Malher 2015).

Les agents microbiens présents dans l'air peuvent provoquer un épuisement des différents systèmes de défense de l'appareil respiratoire par stimulation antigénique quasi-permanente si leur présence est trop importante. Ils proviennent essentiellement des animaux mais peuvent aussi être présents sur les murs ou le matériel. La présence d'une température élevée ou d'une humidité excessive contribue à la survie de ces agents microbiens dans le milieu (Malher 2015). Il faut noter que la survie des virus dans l'environnement varie de quelques minutes à quelques heures, alors que celle des bactéries peut être plus longue (selon les conditions et l'hôte). De plus, la transmission des virus respiratoires classiques peut aller jusqu'à 4 mètres et plusieurs kilomètres pour certains tels que le virus de la BVD (Callan et Garry 2002).

1.3.3.2. Ventilation

La ventilation est un élément essentiel du renouvellement de l'air des bâtiments d'élevage et une ventilation de mauvaise qualité peut être un facteur de risque de BPI bien qu'aucune donnée quantitative n'estime réellement ce risque. La ventilation permet d'évacuer l'air chargé d'eau (provenant essentiellement des pertes cutanée et respiratoire des animaux) et de le remplacer par de l'air neuf. Elle permet également une maîtrise de l'ensemble des paramètres d'ambiance (poussières, ammoniac). En effet, la mesure de taux élevés d'ammoniac est un très bon indicateur de sous-ventilation (Malher 2015). Selon Callan et Garry (2002), le volume d'air devrait être complètement changé 4 fois par heure en hiver et 30 fois par heure en été. Il existe 2 types de ventilation : la ventilation naturelle ou statique et la ventilation mécanique et une étude menée en Aveyron a montré que la ventilation statique constitue un facteur de risque des BPI. En effet, dans la classe à forte morbidité (20-50% de malades), près de 90% des animaux ont bénéficié d'une ventilation statique (Créton 1991). De plus, la grille créée par Compiani (2013) attribue la plus mauvaise note à l'absence de ventilateur dans le bâtiment. Enfin, chez les bovins de 6 à 24 mois, la circulation de l'air apparaît comme étant le premier facteur de risque à intervenir dans les BPI (Van der Fels-Klerx et al. 2000). En revanche, dans une autre étude française, la ventilation n'a pas été mis en évidence comme facteur de risque (Velly 2007).

1.3.3.3. Organisation de l'espace au sein des cases

Il a été montré pour la première fois qu'il existe un risque 4 fois plus important d'avoir une BPI pour les animaux partageant un abreuvoir entre 2 cases. Cette disposition facilite la transmission de pathogènes. De plus, avoir un espace suffisant à l'auge (plus de 0,18 m²/ tête) apparaît comme étant un facteur protecteur des BPI (OR = 0,7). Cependant l'auteur n'a pas d'explication pour ce résultat (Hay et al. 2016).

1.3.4. Alimentation

Quelques études se sont intéressées à l'effet de l'alimentation sur le risque de BPI et les principaux facteurs en cause sont : la nature du fourrage principal, sa date d'introduction dans la ration par rapport à la mise en lot et le niveau d'apport d'un aliment énergétique complémentaire (Créton 1991).

1.3.4.1. Arrivée en engraissement et adaptation alimentaire

La plupart des animaux à haut risque de BPI qui arrivent juste en atelier d'engraissement ne savent pas encore comment manger une ration mélangée issue d'une auge ou boire dans un abreuvoir, une phase d'adaptation est alors nécessaire. En effet, un changement trop brusque de ration provoque des problèmes digestifs empêchant une bonne prise alimentaire et par conséquent réduit l'ingestion de nutriments nécessaires à la bonne réponse immunitaire. De ce fait, un déficit en nutriments peut diminuer significativement l'efficacité du système immunitaire engendrant une mauvaise réponse immunitaire à une vaccination ou à une infection (Sweiger et Nichols 2010). Ces troubles digestifs peuvent également résulter de la privation d'eau et d'aliments durant le transport et se poursuivent alors pendant quelques jours après l'entrée en engraissement (Edwards 2010). La première phase d'alimentation est donc fondamentale afin que le rumen retrouve rapidement ses fonctions. De ce fait, la ration à l'arrivée doit contenir des fibres facilement dégradables, une concentration en protéines qui ne doit pas excéder 13% et la concentration en énergie ne doit pas être supérieure à 0,9 UFV/kg MS. Enfin, cette transition alimentaire doit se faire durant toute la période à risque, c'est-à-dire pendant les 15-20 premiers jours après l'arrivée (Galyean et al. 1999 ; Compiani 2013).

1.3.4.2. Composition de la ration en concentrés et en fibres

Les données concernant l'effet de l'apport d'un aliment énergétique complémentaire sur l'incidence des BPI sont contradictoires étant donné que certains auteurs montrent qu'une ration riche en grain augmente le risque d'avoir une BPI par 5 alors que d'autres montrent que ce risque est divisé par 2 (Wilson et al. 1985 ; Hay et al. 2016). En effet, bien que les estimations restent imprécises, il a été montré que nourrir les animaux rapidement avec des grains permet de réduire presque par 2 les risques de contracter une BPI (Hay et al. 2016). Cependant une étude plus ancienne a montré qu'une

alimentation riche en grains multiplie par 5 le risque d'avoir une BPI (Wilson et al. 1985). Enfin, selon Duff et Galyean (2006), la morbidité diminue avec l'augmentation de la concentration en fibres de la ration. Cependant, pour certains auteurs, comme Velly (2007), l'alimentation ne semble pas modifier le risque d'apparition des BPI.

1.3.4.3. Niveau de protéines brutes de la ration

Les animaux récemment sevrés et stressés ont un besoin important en protéines (Sweiger et Nichols 2010) mais une concentration trop importante en protéines brutes dans la ration peut augmenter le risque d'avoir une BPI. En effet, il a été montré que le nombre d'animaux traités pour BPI est significativement plus élevé si le régime est composé de 16% de protéines brutes (57,5% de morbidité) contrairement à 14% (22,5% de morbidité) (Galyean et al. 1999).

1.3.4.4. Supplémentation vitaminique et en oligo-élément

La plupart des études (Galyean et al. 1999 ; Duff et Galyean 2006 ; Hay et al. 2016) s'accordent pour dire qu'une supplémentation en vitamines ou oligo-éléments ne montre aucun effet significatif sur l'apparition des BPI cependant une étude a montré qu'une augmentation de la concentration en sélénium sérique est associée à une diminution du risque de BPI (OR = 0,7) (Velly 2007). De plus, il a été montré que les concentrations en sélénium étaient significativement plus faibles chez les malades (une moyenne de 19µg/L dans le groupe malade et 26 µg/L dans le groupe sain) (Assié et al. 2006). Une étude a montré qu'un ajout de vitamine E à une dose pharmaceutique (> 1000 UI/animal/jour) semble bénéficiaire à une diminution de la morbidité liés aux BPI (Duff et Galyean 2006). En revanche, dans l'étude de Assié et al. (2006), aucune différence significative n'a été notée en ce qui concerne les concentrations d'iode, de cuivre ou de zinc. De plus, l'administration de vitamines A, D et E ne montre pas une association évidente avec le risque d'avoir une BPI (Hay et al. 2016). Cependant, malgré ces incertitudes, il est tout de même préconisé de compléter l'alimentation des bovins avec du zinc, cuivre, fer, sélénium, vitamines E, B et C (Urban-Chmiel et al. 2012).

2. FACTEURS LIÉS A LA PÉRIODE AVANT LA MISE EN LOT : RISQUE DIFFICILEMENT QUANTIFIABLE ET MAÎTRISABLE

2.1. Colostrum et immunité

Les bovins possèdent, comme tous les ruminants, une placentation syndesmochoriale et ce type de placentation ne permet pas le transfert d'immunoglobulines de la mère au fœtus. De ce fait, les nouveaux-nés naissent principalement agammaglobulinémiques. Une prise rapide et adaptée de colostrum riche en facteur immunitaire et en anticorps

est donc nécessaire pour offrir une immunité protectrice aux jeunes veaux (Dewell et al. 2006).

Les recherches sont en accord sur le fait qu'un transfert d'immunité passive incomplet ou un échec de transfert (en général avec une concentration en IgG inférieure à 8 g/L) est un des facteurs de risque les plus importants à l'origine de maladies ou de baisses de performance et le risque de développer une BPI peut alors être multiplié jusqu'à 6 (Wittum and Perino 1995 ; Stokka 2010). De nombreuses études ont montré les effets de la prise colostrale sur les BPI des veaux avant sevrage (Van der Fels-Klerx et al 2000 ; Dewell et al. 2006 ; Stokka 2010 ; Pardon et al. 2015) et les bénéfices d'une immunité passive semblent même s'étendre après le sevrage (Taylor et al. 2010). En effet, d'après Edwards (2010), pour développer un système immunitaire compétent, il faut commencer à l'échelle de la mère et du veau et continuer à stimuler cette immunité à chaque étape importante de la vie de l'animal. De plus, si l'immunité n'est pas initiée avant l'entrée en feedlot, il sera difficile d'obtenir une immunité protectrice par la suite. De ce fait, les veaux avec un échec de transfert d'immunité passive ([IgG] < 8 g/L) ont 3,2 fois plus de chance de tomber malade avant le sevrage que ceux avec un transfert normal (6 fois plus en période néonatale) (Wittum et Perino 1995). Chez les veaux de boucherie, si la concentration en IgG est inférieure à 7,5 g/L, ils ont 2 fois plus de risque d'avoir une BPI dans les 3 premières semaines de mise en place (Pardon et al. 2015). De plus, le taux de morbidité est plus élevé en post sevrage chez les animaux qui ont eu un transfert incomplet ([IgG] entre 8 et 16 g/L) par rapport à ceux qui ont eu un échec de transfert ([IgG] < 8 g/L) (Dewell et al. 2006). Enfin, Wittum and Perino (1995) ont montré que les bovins avec un échec de transfert d'immunité passive ont 3,1 fois plus de chances de développer une BPI une fois arrivés dans les feedlots. Le volume de colostrum ingéré est corrélé positivement au transfert d'immunité passive et de ce fait, l'ingestion d'un volume insuffisant peut également avoir un impact sur les BPI (Stokka 2010). En revanche, les conséquences de la prise colostrale sur l'apparition des BPI ne sont pas forcément démontrées dans toutes les études, Berge et al. (2009) ont montré qu'il n'y a pas de relation entre la qualité du colostrum et le risque de contracter une BPI.

L'échec du transfert d'immunité passive lié à la qualité ou la quantité de volume de colostrum produit peut s'expliquer par plusieurs facteurs inhérents à la mère. Ces facteurs regroupent notamment la race de l'animal, le rang de vêlage, les conditions de vêlage (césarienne, assistance manuelle, condition météo difficile, prématurité...), l'état sanitaire et l'alimentation reçue par la mère (Callan et Garry 2002). En effet, dans son article, Stokka (2010) précise qu'il y a 3 facteurs génétiques qui interviendraient dans l'apparition des BPI et qui sont étroitement liés à l'immunité. Le premier concerne la facilité de vêlage où les veaux nés par dystocie absorbent moins d'IgG et nécessitent un nursing plus important ce qui a un impact sur la santé du veau à long terme. Le deuxième point concerne la conformation de la mamelle et des trayons qui intervient également dans le transfert de l'immunité passive. Enfin la dernière caractéristique génétique qui interviendrait dans les BPI concerne la sélection des animaux sur un fort taux de croissance. Il a été montré que les veaux de race Hereford, sélectionnés pour leur performance, ont une concentration en IgG moindre (Muggli-Cockett et al 1992).

2.2. Maladies avant le sevrage

2.2.1. BPI avant sevrage et exposition aux pathogènes

Il est souvent difficile de connaître l'historique des maladies du JB lorsqu'il était un veau dans son élevage naisseur d'origine, cependant, cette période a une influence non négligeable sur le risque d'apparition des BPI avec un risque qui peut être multiplié par 4 pour les animaux ayant un antécédent de BPI (Snowder 2006 ; Bach et al 2011). En effet, une étude sur des vaches laitières a montré que dans un groupe, la morbidité due aux BPI après sevrage augmente significativement avec la proportion de veaux ayant un historique de BPI et les veaux ayant eu un cas de BPI avant sevrage ont près de 4 fois plus de risque d'en contracter une après le sevrage. De plus, un animal sans historique de BPI a presque 3 fois plus de risque d'en contracter une s'il est placé dans un groupe avec des animaux ayant des antécédents de BPI (Bach et al 2011). Il serait donc intéressant de séparer à l'arrivée les animaux avec et sans antécédents de BPI pour minimiser les risques chez les animaux naïfs. L'influence de ce facteur est également montré dans une autre étude où selon les experts, le risque majeur d'avoir une BPI chez les jeunes entre 3 et 6 mois concerne les animaux ayant eu un historique de cette maladie (Van der Fels-Klerx et al 2000). En revanche, selon Snowder (2006), il ne semble pas y avoir de lien significatif entre les BPI avant sevrage et les BPI en engraissement. Enfin, il faut également noter que l'historique des BPI a un impact sur les performances, en effet, le GMQ est plus faible chez les animaux dans des groupes avec antécédents de BPI que dans les groupes naïfs (Bach et al 2011).

Avant le sevrage, les animaux peuvent avoir été en contact avec des agents pathogènes et cette exposition passée a pu leur permettre de développer une immunité pouvant ainsi diminuer le risque d'avoir une BPI par 3. Cependant, l'analyse de l'effet du statut sérologique est difficile car il est fortement lié à d'autres paramètres (la saison de mise en lot, l'âge ou le poids du bovin) (Assié et al 2006). La présence d'anticorps à la mise en lot semble être protectrice vis-à-vis de l'apparition des BPI mais à des niveaux variables entre agents. Dans une étude ancienne, la présence d'anticorps dirigés contre différents agents pathogènes respiratoires a été mise en évidence à la mise en lot. D'une manière générale les bovins ne présentant pas d'anticorps contre le VRSB, le PI3, le BVDV, l'IBR ont entre 1,4 et 3,1 fois plus de risque d'avoir une BPI que les autres (Martin et Bohac 1986). De plus, la présence d'anticorps dirigés contre le VRSB et *Mannheimia haemolytica* à la mise en lot diminue le risque de contracter une BPI (jusqu'à 3,3 fois pour le VRSB) (Velly 2007 ; Assie et al. 2009).

2.2.2. Cas particulier de la diarrhée virale bovine (BVD)

Le virus de la diarrhée virale bovine (BVDV) est constamment associé aux BPI dans les feedlots et il a été montré que les infectés permanents immunotolérants (IPI) ont 2 fois plus de risque d'avoir une BPI et les animaux exposés au BVDV dans un lot ont 1,7 fois plus de risque de contracter une BPI que les autres (Hay et al. 2016). En effet, les IPI sont

une source importante de virus mais aujourd'hui peu de données existent concernant la prévalence et les conséquences des IPI entrant dans les feedlots (Loneragan et al. 2005 ; Ridpath 2010). Cependant, il a été montré que la prévalence d'IPI à l'arrivée en atelier d'engraissement varie entre 0,1 et 1% (Raboison et al. 2013). En 2005, une étude a montré qu'elle était de 0,3% (Loneragan et al. 2005) alors que des études plus récentes dont une française ont montré qu'elle était de 0,22% et de 0,24% (Chabalgoity 2012 ; Hay et al. 2016). De plus, les animaux exposés aux IPI ont 43% de risque en plus d'être traités par rapport à ceux non exposés aux IPI (Loneragan et al. 2005). Enfin, les bovins qui sont mis en lot avec des anticorps dirigés contre le BVDV sont plus protégés contre les BPI que ceux qui séroconvertissent pendant la période d'engraissement (Campbell 2004) et il a été montré une séroconversion moyenne de 91,7% dans les lots de JB avec IPI alors que celle-ci n'est que de 4,6% dans les lots de JB sans IPI (Chabalgoity 2012).

En atelier d'engraissement, la BVD semblerait agir comme agent infectieux respiratoire principal, notamment à travers l'immunodépression qu'elle engendre (Loneragan et al. 2005 ; Raboison et al. 2013). En effet, de nombreuses études ont montré le rôle du BVDV dans l'immunosuppression et ses effets synergiques avec d'autres agents infectieux des feedlots (Campbell 2004). Il est important de noter que l'infection par le BVDV peut avoir lieu en élevage naisseur et peut passer complètement inaperçue, notamment s'il s'agit d'un IPI. Etant donné le fait que la plupart des ateliers d'engraissements en France sont dérogatoires, c'est-à-dire qu'ils sont exempts des tests obligatoires à l'introduction ainsi que des dépistages annuels de prophylaxie, il n'y a pas de contrôle du statut des animaux vis-à-vis de l'IBR ou de la BDV à l'achat. De ce fait, des conséquences sanitaires et économiques importantes peuvent en découler. Il est donc important d'essayer à l'avenir de connaître le statut de l'animal vis-à-vis de la BVD ou de les vacciner afin de réduire l'impact des BPI en atelier d'engraissement.

2.3. Pratiques au sevrage

Afin de limiter les troubles de santé en début d'engraissement, certaines pratiques au sevrage sont adoptées dans les feedlots américains ou australiens et peuvent diminuer jusqu'à 5 fois le risque d'être traité pour BPI (Macartney et al. 2003). En Amérique du Nord, cette pratique est appelée « preconditionning » et permet d'apporter une plus-value aux bovins vendus. Elle consiste à réaliser, au moins 30 jours (ou 45 jours selon les auteurs) avant l'entrée en feedlot, des procédures relativement stressantes pour l'animal telles que le sevrage, l'écornage et la castration. De plus, cette pratique permet également aux animaux de s'habituer progressivement aux auges et abreuvoirs présents en engraissement ainsi qu'au type d'alimentation (fibres et concentrés). Un déparasitage ainsi qu'une vaccination sont réalisés à ce même moment (Macartney et al. 2003 ; Duff et Galyeen 2006 ; Step et al. 2008 ; Hay et al. 2016). En Australie, un système proche existe, il s'agit du « yard weaning » qui consiste à habituer les animaux aux abreuvoirs, aux auges et à la nouvelle ration et à les maintenir dans des cases pendant au minimum 5 à 7 jours à partir du sevrage. Cette pratique permet également de réduire significativement le risque de BPI (OR = 0,6) (Hay et al. 2016). En revanche, certains auteurs n'ont pas mis en évidence de relation entre ce type de pratique et le risque de contracter une BPI

(Sanderson et al. 2008). En France, il n'existe actuellement pas de pratique similaire mais il faut noter que certains groupements de producteurs ont mis en place une vaccination des broutards chez les naisseurs afin de vendre un bovin immunisé (Tresse et al. 2008). En outre, il est important de noter que l'antibioprévention est une pratique qui se fait encore couramment. En effet, les animaux recevant un traitement antibiotique à l'arrivée en feedlot ont environ 2 fois moins de risque d'avoir une BPI (OR = 0,64) (Macartney et al. 2003). En France, au moment de la mise en lot, les animaux reçoivent selon les cas une prévention sanitaire : vaccination, déparasitage interne et externe et souvent une antibioprévention. Cette prévention controversée, mais qui reste une méthode efficace est amenée à être mieux contrôlée selon la réglementation du Plan EcoAntibio2017.

Une des composantes de ces pratiques au sevrage est la durée de l'intervalle entre le sevrage et la mise en lot qui, si elle est nulle, peut multiplier le risque d'avoir une BPI par 3,4 (Faber et al. 2000 ; Macartney et al. 2003 ; Step et al. 2008 ; Compiani 2013 ; Hay et al. 2016). En effet, les animaux sevrés 45 jours avant l'entrée en feedlot ont une morbidité plus faible vis-à-vis des BPI (6% de JB malades contre 35% si le sevrage a été effectué juste avant la mise en lot) (Step et al. 2008). Dans une autre étude, les animaux non sevrés ou sevrés moins de 30 jours avant la mise en lot ont plus de risque de contracter une BPI (30% de morbidité contre 13% pour ceux qui ont été sevrés plus de 30 jours avant la mise en lot) (Faber et al. 2000). Cependant, il faut noter qu'un sevrage trop précoce a un effet négatif sur le statut sanitaire des bovins et un risque plus élevé de contracter une BPI a été mis en évidence chez les veaux sevrés à 156 jours par rapport à ceux sevrés à 192 jours. En effet, 10% des animaux sevrés à 192 jours sont malades et nécessitent une durée de traitement de 1,4 jours alors que 16% des animaux sevrés à 156 jours sont malades et nécessitent 4 jours de traitement (Makarechian et Kubisch 1988). Le sevrage devrait donc se faire avant la mise en lot mais pas à un âge trop jeune en raison du stress que cela peut procurer. Dans sa grille de prédiction du risque, Compiani (2013) considère un risque plus faible pour les animaux sevrés plus de 60 jours avant la mise en lot. Ainsi, dans toutes ces études, il est noté qu'un sevrage précoce est bénéfique vis-à-vis des BPI mais qu'il est important de considérer l'ensemble de la conduite d'élevage pour avoir un réel effet positif (vaccination, nourriture, mélange d'animaux).

2.4. Statut vaccinal

Les vaccins disponibles pour réduire l'incidence des BPI sont soit monovalents soit le plus souvent multivalents et les valences les plus fréquemment utilisées dans les études sont celles dirigées contre les virus responsables de l'IBR, de la BVD, le virus PI3 ainsi que le VRSB et les bactéries *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella Multocida* et *Histophilus somni* (Urban-Chmiel et al. 2012).

Selon les études, la vaccination peut ou non être considérée comme un facteur protecteur vis-à-vis des BPI avec un risque qui peut être diminué par 1,4 ou augmenté par 4,5 (Macartney et al. 2003 ; Snowden et al. 2005 ; Velly 2007 ; Kirkpatrick et al. 2008

; Gay and Barnouin 2009 ; Hay et al. 2016). En effet, pour certains, les animaux vaccinés (contre IBR, PI3, BVD et VRSB ainsi que *H.somni* et *M. haemolytica*) ont 1,4 fois moins de risque d'avoir une BPI que les autres (Macartney et al 2003) et il a été montré que la mortalité est également plus importante dans les lots non vaccinés dans lesquels les coûts de traitements sont également supérieurs (Macartney et al. 2003; Kirkpatrick et al. 2008). De même, une vaccination contre *M. haemolytica* apparaît comme facteur protecteur dans plusieurs études avec un risque d'avoir une BPI multiplié par 2,7 en absence de vaccination (Velly 2007 ; Assie et al. 2009 ; Hay et al. 2016). Compiani (2013) attribue la note de risque la plus élevée pour les animaux non vaccinés ou sans historique. En revanche, certaines études ont montré un effet négatif de la vaccination sur la survenue des BPI. En effet, l'incidence des BPI est significativement plus élevée dans les cases avec des bovins vaccinés contre le VRSB par rapport à ceux qui ne le sont pas (19% de malades contre 12% dans le groupe non vacciné) (Assie et al. 2009). De plus, les bovins présentent 4,5 fois plus de risque d'avoir une BPI s'ils ont été vaccinés (Gay et Barnouin 2009). Cela s'explique par le fait que les éleveurs qui décident de vacciner leurs animaux sont ceux qui ont déjà observé dans leur troupeau des BPI et ainsi leurs élevages peuvent être considérés comme structurellement plus à risque de BPI. Enfin, certains auteurs n'ont pas pu mettre évidence un effet de la vaccination sur la morbidité (Sanderson et al. 2008).

2.5. Génétique

Certains facteurs génétiques sont connus pour être impliqués dans les BPI mais actuellement encore peu d'études ont réussi à étudier leur lien avec le risque d'avoir une BPI bien que la présence de certaines gènes liés à l'apparition des BPI semblent avoir été mis en évidence (Neibergs et al. 2011). L'estimation des facteurs génétiques associés aux maladies a des limites car la distinction entre les phénotypes des animaux sains ou malades n'est pas évidente. En effet, les signes cliniques ainsi que leur intensité varient d'un animal à l'autre (Snowder 2006). Tout d'abord, il est important de noter que d'une manière générale, indépendamment de l'individu, l'espèce bovine est prédisposée aux affections respiratoires étant donné les caractères anatomiques et physiologiques de l'appareil respiratoire. Certains animaux définis comme « viandeux » ou « culards » sont encore plus à risque. En effet, le volume pulmonaire est significativement plus faible par rapport à la masse musculaire à oxygéner et les moyens de défense sont donc plus rapidement débordés (Assié et Douart 2013). Ensuite, des loci présents sur les chromosomes 2 et 26 des bovins semblent être liés à l'apparition des BPI. De plus, parmi les marqueurs génotypés dans la région où le lien a été observé, 4 des 6 marqueurs associés aux BPI sur le chromosome 2 et 4 des 7 sur le chromosome 26 sont associés à la BVD (Neibergs et al. 2011). Il pourrait donc être intéressant par la suite d'identifier d'autres loci impliqués dans la pathogenèse des BPI car cela permettrait de sélectionner les animaux qui sont les plus résistants aux maladies. Cependant il faut noter que dans d'autres études, il a été montré que l'héritabilité de la résistance aux BPI est faible : de 0,04 à 0,08 (Snowder 2006). L'héritabilité décrit la part de variabilité phénotypique qui est d'origine génétique additive. Ces résultats sont proches de ce qui a été trouvé chez les veaux avant sevrage (0,1) alors qu'en post sevrage l'héritabilité semble meilleure

(0,6) (sachant que les résultats ne sont pas significatifs). Malgré ces résultats controversés, une influence génétique semble exister comme le montre l'effet de la race sur l'apparition des BPI ainsi que l'effet d'hétérosis impliqué dans les BPI en post sevrage (Muggli-Cockett et al 1992). Cet effet d'hétérosis s'observe notamment chez les races croisées tropicales qui ont 2 fois moins de risques d'avoir une BPI que la race Angus (Hay et al. 2016).

3. FACTEURS LIES A LA PERIODE PENDANT ET APRES LA MISE EN LOT : RISQUE DIFFICILEMENT QUANTIFIABLE ET MAITRISABLE VOIRE NON MAITRISABLE

3.1. Exposition aux agents pathogènes

Les agents pathogènes des BPI sont nombreux, ont des pouvoirs pathogènes variables et constituent un facteur déterminant dans la genèse des BPI. Au cours d'un épisode clinique, ce sont principalement les virus respiratoires qui sont présents transitoirement durant la première semaine et les bactéries viennent en général compliquer ces infections. Il faut noter que *Mannheimia haemolytica* ou *Mycoplasma bovis* peuvent initier des BPI (Assié et Douart 2013). D'une manière générale, ces agents causaux agissent en synergie.

Les virus agissant comme initiateurs des BPI et dont le pouvoir pathogène respiratoire a pu être montré sont :

- Le Virus Respiratoire Syncytial bovin ou VRSB qui est le plus fréquemment associé aux BPI des jeunes bovins et le plus pathogène
- Le virus Parainfluenza de type 3
- L'herpès virus bovin de type 1, responsable de l'IBR
- Le Virus de la Diarrhée Virale Bovine ou BVDV
- D'autres virus, moins étudiés tels que les coronavirus ou les adénovirus (Cusack et al. 2003 ; Assié et Douart 2013)

Les bactéries pouvant compliquer ces infections et impliquées dans les BPI sont :

- Les Pasteurelles avec principalement *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida* et *Histophilus somni* en moindre mesure
- *Mycoplasma bovis*
- D'autres bactéries considérées comme secondaires telles que *Trueperella Pyogenes*, *Salmonella typhimurium*... (Cusack et al. 2003 ; Assié et Douart 2013)

Au moment de la mise en lot, certains animaux peuvent être porteurs d'agents pathogènes et risquent de les transmettre à leurs congénères lors du regroupement au centre de tri ou à l'arrivée en atelier d'engraissement, favorisant ainsi le développement des BPI qui peut être multiplié jusqu'à 3 fois. Les bovins, qui n'ont jamais été exposés à certains pathogènes, peuvent présenter une séroconversion suite à un contact récent avec l'agent et il a été mis en évidence qu'une séroconversion vis-à-vis du VRSB et du

BVDV augmente de respectivement 2,6 et 1,8 fois le risque de BPI par rapport à ceux ayant déjà un taux élevé à la mise en lot. Ce risque est également augmenté de 2,7 fois pour les bovins ayant séroconverti à *Mannheimia haemolytica* (Velly 2007). Ces données confortent le fait que les animaux ne présentant pas d'anticorps à la mise en lot vis-à-vis des agents pathogènes respiratoires sont plus à risque d'avoir une BPI. En effet, les JB présentant des anticorps avant la mise en lot ont été exposés aux agents pathogènes dans le passé et présentent jusqu'à 3 fois moins de risque d'avoir une BPI car ils ont acquis un certain degré d'immunité (Velly 2007). En ce qui concerne l'isolement des agents pathogènes, peu d'études ont cherché à isoler les virus. Ce sont principalement les agents bactériens qui ont été recherchés. Parmi les agents pathogènes les plus fréquemment rencontrés sur la base du taux d'anticorps, *Mannheimia haemolytica* apparaît être plus présent que le VRSB ou le BVDV (Velly 2007) et il a été montré que c'est la bactérie la plus couramment isolée lors de BPI. En effet, Taylor et al (2015) ont montré que *Mannheimia haemolytica* a été retrouvée chez près de 57% des animaux atteints. *Pasteurella Multocida* est également fréquemment isolée (Taylor et al. 2015). En outre, les animaux ayant une culture positive pour *Mycoplasma bovis* au premier traitement ont 3 fois plus de risque de rechuter ou de mourir que ceux qui avaient une culture négative (White et al. 2010).

3.2. Durée de formation des lots et approvisionnement

3.2.1. Durée de formation des lots

Des études ont montré que la durée de formation des lots a un impact sur les BPI avec un risque qui peut être multiplié par 2 si cette durée est supérieure à 24 heures (Hay et al. 2016). En effet, il peut arriver que certains animaux restent pendant plusieurs jours dans des centres de tri avant d'être livrés chez l'engraisseur et ces données sont en général non enregistrées. Une étude française confirme le fait que le passage et le séjour de plus de 24 heures dans un centre de tri est un facteur de risque de BPI car 70 % des JB, présentant entre 45 et 50% de morbidité, ont séjourné plus de 24 heures dans un centre de tri (Créton 1991). En revanche, les animaux qui ont passé le plus de temps depuis leur arrivée en feedlot jusqu'à la formation finale du lot sont à risque modéré (OR = 0,7). Cela pourrait s'expliquer par le fait que les animaux qui sont amenés plus tôt ont plus de temps pour s'adapter à la ration, à l'environnement et ce, dans des cases à faible densité (Hay et al. 2016) (remarque : les lots sont en général formés directement dans les feedlots en Australie). Cela semble être en accord avec une autre étude montrant, pour la première fois, que commencer à mélanger les animaux à proximité du feedlot 27 jours avant le début d'engraissement diminue le risque de BPI par 2 (OR = 0,6) (Hay et al. 2014).

3.2.2. Origine des animaux/approvisionnement

L'origine des animaux n'est pas toujours connue surtout si les animaux sont achetés dans des ventes aux enchères ou à des négociants et dans ces cas, le risque d'avoir une BPI peut alors être multiplié par 2 (Hay et al. 2014). En effet, les animaux provenant de ventes aux enchères présentent une morbidité de 42% alors que ceux issus directement du naisseur présentent une morbidité de 11%. De plus, ce sont les premiers à recevoir un traitement (7 jours contre 18 jours pour ceux ne passant pas par la vente aux enchères) (Step et al. 2008). De même, le regroupement de ces animaux en lots dans des camions est corrélé à une augmentation du risque de BPI (Ribble et al. 1995). Enfin l'exposition à des marchés à bestiaux dans les 12 jours avant la mise en lot multiplie le risque de BPI par 2 (Hay et al. 2014).

3.3. Météo

Quelques auteurs se sont intéressés à l'effet des conditions météorologiques sur le risque de contracter une BPI et il ressort que ce sont les basses températures, les conditions venteuses et pluvieuses qui augmentent le risque d'avoir une BPI (Ribble et al. 1995 ; Cusack et al. 2007 ; Cernicchiaro et al. 2012 ; Hay et al. 2016). Tout d'abord, en Australie, une étude a montré que ce sont les minimums de température en hiver et non les variations de température qui présentent un lien fort avec le risque de contracter une BPI ($r = 54\%$) (Cusack et al. 2007). De plus, il semblerait qu'il y ait un risque réduit d'avoir une BPI pour des moyennes de températures maximales (OR = 0,8 pour des températures de 17 à 23 °C et OR = 0,7 pour des températures de 23 à 30 °C). De même selon Ribble et al. (1995), la température semblerait jouer un rôle bien que la relation ne soit pas évidente. Ensuite, une tendance a été montrée entre le maximum de vitesse du vent et l'incidence de BPI où l'augmentation de la vitesse du vent est associée à une augmentation de l'incidence de BPI (Cernicchiaro et al. 2012). Par ailleurs, malgré des estimations imprécises, il y aurait un possible effet négatif de la pluie sur les BPI avec un risque modérément augmenté (OR = 1,3) pour une pluviométrie de 4 à 25 mm/semaine (Hay et al. 2016). Enfin, concernant l'ensoleillement, une étude récente a montré que la présence d'une case ombragée augmenterait le risque de contracter une BPI (OR = 1,6) par rapport à celles qui n'en ont pas. Il est assez difficile de comprendre cela étant donné le bénéfice de l'ombre sur la chaleur. Une hypothèse consiste à dire que l'augmentation de ce risque serait due au fait que lors d'un rassemblement à l'ombre, la densité dans une zone augmente, facilitant ainsi les transmissions de maladies (Hay et al. 2016).

Les conséquences de la météo sont en général le reflet de la conception du bâtiment et un certain nombre de facteurs associés aux lots comme par exemple le mois de mise en place ont une influence sur la météo (Cernicchiaro et al. 2012). En effet, il a notamment été montré qu'il y a un risque plus élevé d'avoir une BPI à l'automne, où la plus grande diminution de température moyenne ainsi que le maximum de précipitations ont été observés. Etant donné que les données relatives à l'effet de la météo sur les BPI sont peu nombreuses et souvent approximatives, il serait intéressant d'étudier ces facteurs sur

plusieurs années afin de déterminer précisément l'importance de ces changements climatiques (Ribble et al. 1995).

4. UTILISATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES D'UTILISATION DES CONNAISSANCES SUR LES FACTEURS DE RISQUE DES BPI

4.1. Utilisation des résultats obtenus sur les facteurs de risque des BPI

A partir des informations recueillies dans la littérature, il est constaté qu'il manque un certain nombre de données concernant l'analyse multivariée des facteurs de risques de BPI. En effet, dans la plupart des études, plusieurs facteurs de risque ont été étudiés mais souvent indépendamment les uns des autres. Or il ressort d'une manière générale que tout est lié : la météo et la saison, le poids et la saison, l'origine des animaux et la distance de transport,... Il est donc important de prendre l'ensemble de ces informations avec précautions, d'autant plus que cette liste n'est sans doute pas exhaustive.

Cependant, les résultats observés peuvent être une piste pour fournir un moyen de mesurer et agir sur les risques d'apparition de BPI. En effet, nous pourrions imaginer par exemple mesurer la concentration sérique en haptoglobine à l'arrivée en engraissement étant donné que celle-ci est augmentée chez les bovins présentant une morbidité plus élevée de BPI (Step et al. 2008). Connaître les mouvements des bovins à savoir leur région d'origine, la distance parcourue ou encore le nombre d'élevages de provenance permettraient de prévenir les BPI et les pertes de performance (Ribble et al. 1995 ; Cernicchiaro et al. 2012). De même, afin de diminuer les risques de BPI, il serait intéressant de construire les bâtiments ou de les modifier de façon à les rendre optimum vis-à-vis des BPI. Cela pourrait par exemple concerner le partage d'abreuvoir entre 2 cases (Hay et al. 2016). D'autres informations telles que la sélection génétique de gènes de résistance aux BPI pourrait peut-être à l'avenir améliorer la santé ou les performances des bovins (Neibergs et al. 2011).

Actuellement, au bilan de cette synthèse bibliographique, seulement quelques risques peuvent être mesurés aisément en routine et par conséquent les possibilités de maîtrise sont encore minimes. Le Tableau 1 résume l'ensemble des facteurs identifiés précédemment selon que le risque associé soit quantifiable ou maîtrisable.

Tableau 1: Bilan des facteurs de risques des BPI selon leur caractère quantifiable et maîtrisable

Facteurs de risque des BPI	Risque Quantifiable Maitrisable	Risque Non quantifiable en conditions de terrain Non maitrisable	Risque Non quantifiable en conditions de terrain Maitrisable
Agents pathogènes		X	
Age	X		
Poids	X		
Race	X		
Passage par des centres de tri	X		
Durée de formation des lots			X
Taille du lot	X		
Saison de mise en lot	X		
Météo		X	
Transport	X		
Région d'origine	X		
Approvisionnement des animaux			X
Taille de l'atelier d'engraissement	X		
Densité de l'atelier d'engraissement			X
Présence d'une quarantaine	X		
Ambiance et ventilation du bâtiment	X		
Alimentation	X		
Prise colostrale			X
Maladies avant sevrage			X
Pratique au sevrage			X
Vaccination			X
Génétique		X	

Il faut noter que pour les animaux avec un historique sanitaire connu, le contrôle des BPI serait moins difficile (Sweiger et Nichols 2010). En effet, nous avons pu voir que de nombreux facteurs liés à la vie du JB chez le naisseur augmentent le risque d'avoir une BPI. L'ensemble des informations concernant l'acquisition de l'immunité à la naissance ou suite à une vaccination, les maladies contractées avant la période d'engraissement ainsi que les conditions de sevrage ne sont presque jamais enregistrées et si c'était le cas, elles ne sont pas transmises aux élevages qui achètent les animaux. En effet, il n'existe pas de carnet de santé permanent pour un bovin. Afin d'évaluer d'autres risques comme le portage d'agents pathogènes ou le statut vaccinal, ce sont des mesures biologiques qui devraient être réalisées. Actuellement cela est trop coûteux pour être réalisé en routine. De plus, en ce qui concerne la formation des lots, actuellement il n'est

pas possible de mesurer l'intervalle de temps depuis le ramassage chez le naisseur jusqu'à l'arrivée chez l'engraisseur avec notamment une impossibilité de connaître le temps passé dans les transports ou dans les centres de tri.

4.2. Outils de prédiction du risque des BPI

Aujourd'hui les attentes des professionnels (éleveurs, groupements de producteurs ou vétérinaires) sont de pouvoir disposer d'outils permettant d'évaluer les risques de survenue des troubles de santé, d'outils de mesures de leur impact économique ainsi que de systèmes d'aide à la décision en santé (Assié et al. 2006). Ces attentes découlent entre autres de la réglementation, dans le sens où le plan EcoAntibio 2017 prévoit un usage raisonné des antibiotiques, encore souvent trop utilisé en préventif à l'entrée en engraissement. Un rapport de l'Anses publié en 2014 précise qu'une analyse de risque sur les lots de bovins entrants devrait être mise en place afin de limiter les traitements de groupes à l'engraissement. Aujourd'hui, encore peu d'études ont tenté de prendre en compte l'ensemble des facteurs de risque afin de construire un outil efficace pour une classification des risques pour certaines maladies, notamment les BPI. Et rien n'est, à ce jour, réellement démontré en terme de quantification de la prédiction du risque d'apparition des BPI (Babcock et al. 2013).

4.2.1. Grille de prédiction du risque en médecine humaine et en médecine vétérinaire

En médecine humaine, il existe de nombreux scores de risques qui sont des outils permettant de décrire ou de prédire certaines maladies alors qu'en médecine vétérinaire cela est encore peu répandu. En effet, il existe surtout des grilles d'évaluation de la douleur post-opératoire chez le chien et le chat dont une créée et validée à ONIRIS en 2006 et qui est actuellement très utilisée (Laboissière 2006). La création et l'utilisation de scores de risques dans le domaine de la santé humaine sont relativement récentes et au début, ils étaient essentiellement construits pour évaluer le risque cardio-vasculaire. Il faut distinguer les scores descriptifs, permettant de décrire l'état actuel d'un individu afin d'améliorer sa prise en charge, des scores prédictifs permettant de calculer une probabilité de survenue d'une maladie dans le futur. Le score de Framingham, datant de 1948, est le premier score de risque prédictif créé et il permet d'évaluer le risque cardio-vasculaire (Gauthier 2013). D'autres études ont permis la création de scores de risque relatifs au risque cardio-vasculaire comme par exemple celle de Wilson et al. (1998). Actuellement d'autres grilles ont été créés afin d'évaluer le risque d'avoir d'autres maladies, cela concerne essentiellement les cancers mais aussi les maladies respiratoires (España et al. 2006).

4.2.2. Application aux BPI

Actuellement, les grilles d'évaluation des risques de BPI ne sont pas encore très développées même si certains auteurs se sont intéressés à la classification de groupes selon le risque d'apparition de BPI. Thomson et White (2006) expliquent qu'il faudrait former des groupes de bovins et les classer en risque élevé et risque faible en se basant sur l'historique de l'animal, l'animal lui-même ainsi que les facteurs de risque liés à l'environnement. Cette classification permettrait de mettre en place des protocoles de santé spécifiques et de connaître éventuellement à l'avance les performances du groupe. Mais dans cette étude, il n'est pas précisé clairement comment cette classification doit être faite. Ce type de classement est pratiqué dans les feedlots américains où les lots de JB sont classés en risque élevé, risque moyen et risque faible selon leur poids, le temps de transport, l'état des animaux à l'arrivée, la gestion des lots et son impact sur leur niveau de stress. Un traitement métaglycémique est alors appliqué à l'ensemble des animaux des lots à risque élevé. Cependant cette classification est faite au bon sens et non sur des données précises (Lechtenberg et al. 1998). Ensuite, une étude canadienne a cherché à construire un modèle de prédiction du risque de contracter des BPI et il a été montré que les capacités prédictives sont d'autant meilleures que les données récoltées sont nombreuses et exactes. De plus, prédire avec précision la survenue des BPI est une composante essentielle pour améliorer les performances des ateliers d'engraissement (Babcock et al. 2013). Cependant, un travail de thèse d'université a abouti à la création d'une grille de prédiction du risque d'apparition des BPI à l'entrée en engraissement en Italie. Cette grille utilise de nombreux critères qui sont associés à des notes de risques. Ces notes ont été attribuées en se basant sur les données de la littérature et sur l'analyse d'une base de données de plus de 180 000 bovins collectées depuis 15 ans par les professionnels et les vétérinaires travaillant dans les ateliers d'engraissement italiens (Compiani 2013). Malheureusement, il n'existe actuellement aucune information relative à la validation statistique de cette grille. En France, Ter'élevage (groupements de producteurs de l'Ouest de la France) a développé une grille de ce type et a commencé à vérifier ses performances dans sa capacité à prédire le risque de BPI (Mugnerot 2015).

PARTIE 2 : ETUDE PERSONNELLE

1. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

1.1. Cadre de l'étude

Cette étude a été menée dans le contexte actuel de réduction nécessaire de l'utilisation des antibiotiques décrit dans le plan EcoAntibio 2017. Ce plan prévoit un usage prudent et raisonné des antibiotiques pour préserver l'arsenal thérapeutique disponible et ce, afin de pouvoir continuer à lutter contre les infections bactériennes en médecine vétérinaire et humaine.

Cette étude est initiée par Ter'élevage (union de Groupements de Producteurs du Grand Ouest) et ONIRIS et s'inscrit dans le projet SANT'Innov qui a, notamment, pour objectif d'innover dans les filières d'animaux de production afin de concilier écologisation et compétitivité. Ce projet, lancé en 2016, regroupe de nombreux partenaires scientifiques et socio-économiques du Grand Ouest de la France. L'objectif des travaux de ce projet est d'être capable de mieux gérer les périodes pendant lesquelles les risques sanitaires sont élevés en limitant les recours aux antibiotiques. Afin de répondre à cet objectif, Ter'élevage s'est engagé à limiter les traitements de groupe à l'entrée en engraissement depuis de nombreuses années et surtout à ne pas systématiser cette pratique. La réalisation d'une vaccination précoce chez les broutards mis en place depuis 2008 permet une meilleure protection des bovins contre les BPI à la mise en lot. De plus, depuis 2011, Ter'élevage développe un outil dénommé ATLESS (signifiant « Antibiotique less ») basé sur une grille d'évaluation des risques, permettant d'attribuer une note de sécurité vis-à-vis de l'apparition des BPI pour chaque lot de broutards placé en engraissement chez des éleveurs adhérents à Ter'élevage. Cet outil apporte également un appui dans l'accompagnement technique auprès des éleveurs.

1.2. Travail déjà réalisé

Cette grille, d'évaluation du risque de BPI à l'entrée en engraissement, a été élaborée à partir des données bibliographiques et de l'expérience des experts de Ter'élevage (vétérinaires du groupement, techniciens, commerciaux) et a été testée lors d'un travail de thèse vétérinaire (Mugnerot 2015).

Les résultats de cette étude, menée de décembre 2014 à mars 2015, ont montré que cette note permet de prédire les fortes incidences de BPI de plus de 15% sur l'échantillon d'étude mais un taux d'erreur de près de 20% est associé à cette prédiction.

1.3. Objectifs de l'étude personnelle

Dans un premier temps, l'objectif de notre étude est de tester cet outil ATLESS sur une plus large période et de comprendre ses limites dans la prédiction de l'apparition des BPI chez les JB en atelier d'engraissement afin d'avoir un outil sur lequel on puisse se

baser objectivement pour orienter la décision de réaliser une antibioprévention à la mise en lot. Parallèlement à cette validation scientifique, le déploiement de l'outil ATLESS est effectué afin de rendre son utilisation effective par les commerciaux, techniciens et éleveurs de Ter'élevage dès l'automne 2016.

Cette démarche répond aux objectifs du projet SANT'Innov, visant à apporter des supports techniques pour la mise en œuvre des pratiques d'élevage innovantes et ce, en évaluant un niveau de risque pour chaque lot mis en place en atelier d'engraissement afin de réserver la prescription de traitements collectifs à des lots à risque élevé.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Définition de la grille

La grille créée par Mugnerot (2015) est composée de deux parties : une partie concernant les caractéristiques du lot lors de sa formation au centre de tri et une partie concernant les caractéristiques de l'élevage engraisseur auquel le lot est destiné. Chacune de ces parties est constituée de plusieurs critères (caractéristiques correspondant à un facteur de risque) ayant plusieurs modalités (réponses). A chaque modalité de réponse est associée une note prenant plusieurs valeurs suivant son implication dans l'apparition des BPI (Tableaux 2 et 3).

Les notes de risque mises en place par Mugnerot (2015) avaient été attribuées en se basant sur les odds ratio (définition ci-après) calculés dans les publications scientifiques mais aussi en tenant compte de l'expérience des experts de Ter'élevage.

Une modification concernant ces notes a été effectuée à partir de la grille de Mugnerot (2015). En effet dans cette grille, il était question de **note de risque**, c'est-à-dire une note d'autant plus élevée que le risque d'apparition des BPI est élevé. Etant donné la volonté de Ter'élevage de communiquer de manière positive avec les éleveurs, il a été décidé de modifier les notes de risque en **notes de sécurité**, c'est-à-dire avoir une note d'autant plus élevée que le risque d'apparition des BPI est faible. Cependant dans la suite de l'étude, il sera parfois nécessaire de travailler avec une **note de risque** en raison des analyses statistiques effectuées.

2.1.1. Caractéristiques du lot

Les caractéristiques du lot englobent 9 critères qui ont été choisis à partir des données bibliographiques mais surtout par rapport aux données pouvant être facilement récoltées par Ter'élevage. Parmi ces critères, il y a le nombre de centres de tri fréquentés par les animaux du lot, le mois de mise en place, la distance parcourue par l'animal depuis le départ chez l'éleveur naisseur jusqu'à l'arrivée chez l'engraisseur, le poids moyen du lot, l'âge moyen du lot, la taille du lot, le nombre d'élevages de provenance

dans un même lot, le gain moyen quotidien (GMQ) moyen du lot ainsi que le critère « Broutard Max » (Tableau 2).

Les « Broutards Max » correspondent à une offre proposée par Ter'élevage qui consiste à fournir aux engraisseurs, des broutards ayant été vaccinés à l'aide de Rispoval 3®, Rispoval RS®, Rispoval RS-BVD® ou de Bovilis Bovigrip® chez le naisseur. Le rappel ayant lieu au moment de la vente.

Tableau 2 : Grille initiale concernant les caractéristiques du lot élaborée dans la thèse de Mugnerot (2015)

	Modalités	Note de risque (Thèse MUGNEROT)	Note de sécurité
Nombre de centres de tri fréquentés	1	6	4
	≥ 2 ou non connu	10	0
Mois de mise en place	Mai, juin, juillet, août	0	10
	Septembre, octobre	8	2
	Novembre, décembre	10	0
	Janvier, février	7	3
	Mars, Avril	4	6
Distance de transport	< 200 km	0	10
	200-400 km	6	4
	> 400 km	10	0
Poids moyen du lot	< 270 kg	10	0
	270-320 kg	7	3
	> 320 kg	0	10
Age moyen du lot	< 270 jours	4	0
	270-310 jours	2	2
	> 310 jours	0	4
Taille du lot	< 10	0	4
	10-20	1	3
	> 20	4	0
Nombre d'élevages de provenance dans un même lot	1	0	4
	2	1	3
	≥ 3	4	0
Lot Broutard Max	Oui	0	10
	Non	10	0
Gain moyen quotidien moyen avant mise en lot	≤ 1 kg/j	4	0
	> 1 kg/j	0	4

La somme des notes de chacun de ces critères constitue la note LOT. Les notes de risque décrivant les caractéristiques du lot peuvent s'étendre de 6 à 66 (0 correspondant à une vente directe) alors que les notes de sécurité peuvent s'étendre de 0 à 59.

2.1.2. Caractéristiques de l'élevage engraisseur

Comme pour les caractéristiques du lot, les caractéristiques d'élevage englobent 6 critères choisis à partir des données bibliographiques et des conseils donnés par Ter'élevage. Ces critères regroupent la taille de l'atelier, la quarantaine, la transition alimentaire, la vérification des animaux par l'éleveur, la ventilation et l'ambiance du bâtiment à l'arrivée du lot ainsi que la distribution de Pulmatop® à l'arrivée (Tableau 3). Le Pulmatop® est un complément alimentaire composé de minéraux, de vitamines et d'oligo-éléments (Sélénium). C'est un aliment visant notamment à améliorer la réactivité du système immunitaire face à une agression extérieure (via leur pouvoir antioxydant).

Tableau 3 : Grille initiale concernant les caractéristiques d'élevage élaborée dans la thèse de Mugnerot (2015)

	Modalités	Note de risque (Thèse MUGNEROT)	Notes de sécurité
Taille de l'atelier	<80	0	4
	>80	4	0
Quarantaine	Oui	0	10
	Non	10	0
Transition alimentaire	Bonne > 15 jours	0	4
	Insuffisante < 15 jours	2	2
	Aucune	4	0
Vérification des animaux par l'éleveur	Correcte	0	4
	mauvaise	4	0
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	Très Bonne	0	4
	Bonne	1	3
	Mauvaise	2	2
Pulmatop ®(Se, antioxydants) à l'arrivée	Très mauvaise	4	0
	Oui	0	4
	Non	4	0

La somme des notes de chacun de ces critères d'élevage constitue la note ELEVAGE. Les notes de risque et de sécurité décrivant les caractéristiques de l'élevage engraisseur peuvent s'étendre de 0 à 30.

La note ATLESS associée à un lot formé au centre de tri à destination d'un élevage engraisseur, est une note globale constituée de la somme de la note LOT ainsi que de la note ELEVAGE.

2.2. Construction de l'échantillon d'étude

2.2.1. Population cible

La population cible correspond à la population à laquelle on souhaiterait extrapoler les résultats. Dans le cadre de notre étude, cette population correspond à l'ensemble des lots de plus de 10 jeunes bovins transitant par au moins un centre de tri et mis en place

dans les élevages, adhérents à Ter'élevage, engraisseurs stricts ou naisseurs-engraisseurs avec achat. En effet, étant donné le but de l'utilisation future de la grille, à savoir calculer une note de sécurité du lot lors de l'allotement au centre de tri et ainsi de pouvoir orienter la décision de réaliser ou non une préparation sanitaire, les bovins doivent transiter par au moins un centre de tri. De plus, il a été décidé de travailler uniquement avec des lots de broutards de taille supérieure ou égale à 10 car il a été estimé que des lots inférieurs à 10 bovins ne constituaient pas un lot complet mais plutôt un « morceau » de lot qui compléterait une case déjà initiée.

2.2.2. Population source

Parmi la population cible, pour les besoins de l'étude, seuls les éleveurs ayant reçus des lots de JB mis en place par Ter'élevage entre décembre 2014 et mars 2016 ont été contactés par courrier ou par téléphone pour une récupération de données concernant les traitements effectués sur les JB (détails ci-après). Cette période regroupe la période de thèse d'Océane Mugnerot de décembre 2014 à mars 2015 ainsi que les contacts effectués au cours de mon étude pour la période d'avril 2015 à mars 2016. Pendant la période de décembre 2014 à mars 2016, 206 élevages ont répondu à l'étude pour un total de 626 lots dont 517 lots sur la période de mon étude, d'avril 2015 à mars 2016.

2.2.3. Echantillon d'étude

Etant donné les erreurs possibles dans la retranscription de certaines données, notamment les dates de naissance, il a été décidé de ne travailler qu'avec des bovins ayant au moins 120 jours. Cela correspond à l'âge minimum de sevrage des broutards, et de ce fait, il peut être supposé que les informations relatives aux animaux plus jeunes soient erronées. De plus, l'ensemble des données nécessaires pour remplir la grille devait être disponible pour chaque bovin et par conséquent pour chaque lot sinon le calcul de la note ne pouvait pas se faire. Par exemple, s'il manquait le poids d'un animal, l'ensemble du lot était exclu de l'étude.

Il a été choisi d'élargir au maximum la période de test afin d'augmenter la valeur prédictive de cette grille, c'est-à-dire afin de tester de façon la plus exacte la prédiction de l'apparition des BPI chez les JB dans les 15 jours suivant leur arrivée en engraissement.

De ces faits, pour être inclus dans l'échantillon d'étude, les lots devaient remplir les conditions suivantes :

- Récupération des données sanitaires concernant les traitements reçus par les bovins suite à une BPI,
- Transit par au moins un centre de tri,
- Lot supérieur à 10 JB,
- Animaux ayant au moins 120 jours,
- Disponibilité de l'ensemble des données pour remplir la grille.

2.3. Obtention et enregistrement des données

2.3.1. Récupération des données concernant les JB malades par lot

Afin de pouvoir tester cette grille d'évaluation du niveau de sécurité des lots de JB vis-à-vis des BPI, il est nécessaire de connaître l'incidence des BPI dans les 15 jours suivant leur mise en lot. En effet, il a été montré que celles-ci se déclarent en moyenne durant les 13,5 premiers jours suivant la mise en lot (Assié 2008).

Pour récupérer ces informations, un courrier expliquant l'étude, accompagné d'un duplicata du bordereau de livraison, a été transmis aux éleveurs engraisseurs ayant mis en place des lots fournis par Ter'élevage (Annexe I). Il leur a été demandé de nous y indiquer les bovins qu'ils ont traités aux antibiotiques pour BPI dans les 15 jours suivant leur mise en place. Une fois rempli, le document devait m'être transmis par mail, par fax ou par l'intermédiaire des techniciens de Ter'élevage. Afin d'assurer un nombre suffisant de données, une relance téléphonique auprès des éleveurs a été effectuée à partir de 3 semaines dès réception du courrier. Cette relance téléphonique a été effectuée par Océane Mugnerot pour son étude de décembre 2014 à mars 2015. J'ai contacté les éleveurs pour la période d'août 2015 à mars 2016. En ce qui concerne la période d'avril 2015 à juillet 2015, j'ai complété les relances téléphoniques effectuées par Raphaël Morin, apprenti à Ter'élevage.

Au bilan, depuis décembre 2014 des données traitements ont pu être récupérées pour 626 lots.

2.3.2. Données issues des logiciels de Ter'élevage

2.3.2.1. Présentation des logiciels

L'ensemble des données décrivant les critères de la grille est issu de GICAB, logiciel interne de Ter'élevage qui regroupe toutes les informations relatives à la commercialisation des animaux de Ter'élevage, la gestion des lots, les flux d'animaux...

Depuis l'étude précédente (Mugnerot 2015), Ter'élevage a fait développer, au cours de l'année 2015, un module spécifique ATLESS dans GICAB permettant de calculer directement la note de sécurité du lot à partir des informations présentes dans GICAB (Annexe II). La modification des modalités ainsi que des notes est facilement réalisable.

Le diagnostic d'exploitation, présent dans la première colonne (Annexe II) et correspondant à la note ELEVAGE, est issu de la Gestion des relations clients (GRC), un autre logiciel interne de Ter'élevage qui regroupe des informations plus générales sur les élevages et notamment les ateliers d'engraissement avec les visites réalisées par les vétérinaires, techniciens du groupement... Un module ATLESS a également été

développé dans la GRC afin de créer la note élevage qui est directement importée dans le module ATLESS de GICAB.

2.3.2.2. Récupération des données concernant les critères décrivant les ateliers d'engraissement

La note ELEVAGE est donc calculée dans la GRC à partir du module permettant d'évaluer les 6 critères propres à chaque atelier. Ces informations doivent être fournies par les techniciens rattachés à chaque élevage et la note ELEVAGE est instantanément calculée. Etant donné le caractère subjectif de certains critères, une formation préalable des techniciens a été nécessaire afin de bien expliquer ce qui est attendu. Au cours de cette formation, les 6 critères ont été détaillés afin de leur fournir des références pour effectuer au mieux la notation (Annexe III). Sachant que les données de la thèse précédente ont été utilisées, certains élevages peuvent avoir plusieurs notes (des modifications ont pu avoir lieu depuis mars 2015).

2.3.2.3. Récupération des données concernant les critères décrivant les lots de JB à l'entrée en engraissement

Le module ATLESS de GICAB a permis l'extraction des données décrivant les lots de JB qui rentraient dans la population de l'étude.

Pour chaque lot, les données relatives à l'ensemble des 9 critères ont pu être récupérées. De plus, d'autres données ont pu être extraites :

- Réalisation d'une antibioprévention à la mise en lot,
- Race.

2.3.3. Saisies des données

Le logiciel Excel® a permis d'enregistrer l'ensemble des données traitements et antibioprévention, les critères et notes d'élevage ainsi que les critères et notes de lot. Cependant, le logiciel Access® a dû être utilisé afin de fournir une note de lot pour les critères « Nombre de centres de tri fréquentés » et « Distance de transport » pour lesquels la note est définie par le plus grand nombre de centres de tri fréquentés par l'un des JB du lot ou par la plus grande distance parcourue par l'un des JB du lot. Enfin, en ce qui concerne le critère « Broutard Max », il est nécessaire que l'ensemble des animaux du lot soit qualifié de Broutard Max pour que le lot soit considéré comme tel.

2.4. Analyse des données

2.4.1. Stratégie d'analyse des données

Etant donné que certains lots mis en place par Ter'élevage ont reçu une antibioprévention contre les BPI au moment de l'allotement, le risque d'apparition de BPI dans ces lots est différent du risque présent dans les lots sans antibioprévention. De ce fait, il a été défini 3 sous-échantillons à partir de notre échantillon d'étude :

- Le sous-échantillon SANS constitué de l'ensemble des lots n'ayant pas reçu d'antibioprévention contre les BPI à la mise en lot,
- Le sous-échantillon AVEC constitué de l'ensemble des lots ayant reçu une antibioprévention contre les BPI à la mise en lot.
- Le sous-échantillon MIX, compromis entre les 2 précédents, constitué de l'ensemble des lots n'ayant pas reçu d'antibioprévention ainsi que des lots ayant reçu une antibioprévention et dans lesquels au moins un cas de BPI est apparu,

Il a été décidé de tester plusieurs incidences de BPI : l'incidence « absence de bovins traités ou présence d'au moins un bovin traité dans le lot » (incidence absence/présence) ainsi que l'incidence forte « plus de 15 % de bovins traités ou moins de 15% de bovins traités dans le lot » (incidence 15%). L'incidence absence/présence a été testée dans tous les sous-échantillons alors que l'incidence 15% n'a été testée que dans le sous-échantillon SANS. En effet, dans les sous-échantillons MIX et AVEC, la réalisation d'une antibioprévention a pu diminuer le nombre de cas et l'incidence 15% ne reflète plus ce qui s'est passé en réalité. Cependant, dans le sous-échantillon SANS, il faut rester prudent sur l'incidence 15% car il peut être supposé que ces lots, n'étant pas traités en préventif, sont moins à risque et donc par conséquent, présentent une incidence faible.

Dans un premier temps, après une étude descriptive des 3 sous-échantillons d'étude, chaque sous-échantillon a été analysé indépendamment l'un de l'autre. La note ATLESS telle qu'elle a été créée dans la thèse de Mugnerot (2015) a été testée. Dans l'étude précédente, la note de risque de 75 a été mise en évidence comme étant le seuil discriminant au mieux les lots en ce qui concerne l'incidence 15%. De ce fait, ce seuil a d'abord été testé sur le sous-échantillon SANS puis un seuil plus adapté a été déterminé pour chaque sous-échantillon. Une note IDEALE a alors été créée en prenant en compte uniquement les facteurs significativement associés à la survenue des BPI. Celle-ci a permis de proposer une note NOUVELLE si une amélioration du pourcentage de lots mal classés était observée avec la note IDEALE. Dans un deuxième temps, afin de mieux comprendre la grille, une étude plus approfondie a été conduite sur le classement des lots mis en évidence précédemment et les caractéristiques des lots mal classés ont notamment été recherchées. Enfin, selon la demande de Ter'élevage, le seuil a été élargi afin de définir 3 niveaux de sécurité.

Tous les tests statistiques ont été réalisés avec le logiciel R®. Pour des raisons d'application de certains tests statistiques (notamment construction de la courbe ROC), il a été nécessaire de travailler avec une **note de risque**. En effet, en travaillant avec une

note de sécurité, une réponse positive du test correspond à une note faible et donc la courbe ROC est alors inversée. Cependant les résultats obtenus avec la note de risque sont tout à fait transposables à une note de sécurité.

2.4.2. Description des sous-échantillons d'étude

Des statistiques simples ont permis d'étudier les données issues des 3 sous-échantillons d'étude à l'échelle de l'élevage, de l'individu et du lot.

2.4.3. Test de la note ATLESS issue de la grille ATLESS créée en 2015 par Mugnerot

2.4.3.1. Relations entre la note ATLESS et les incidences de BPI

Un modèle de régression logistique a été utilisé afin de savoir s'il y avait des liens significatifs entre la note ATLESS et les différents types d'incidence de BPI (incidence absence/présence ou incidence 15%).

2.4.3.2. Détermination d'un seuil discriminant au mieux les lots

A partir de la note de risque ATLESS définie par Mugnerot (2015), un seuil a été déterminé pour discriminer au mieux les lots dans nos 3 sous-échantillons. Afin d'effectuer une analyse du comportement de la note en fonction du seuil, une courbe dite courbe ROC (Toma et al. 2010) a été utilisée. La courbe ROC (« receiver operating characteristic ») est un outil graphique qui permet de représenter la capacité d'un test à discriminer la population des malades et des non malades. Le choix du seuil conditionne le couple sensibilité et spécificité. La sensibilité correspond à l'aptitude d'un test à fournir une réponse positive chez un individu infecté alors que la spécificité correspond à l'aptitude d'un test à fournir une réponse négative chez un animal indemne. Cette courbe ROC représente la proportion de tests positifs parmi la population de malades (sensibilité) en fonction de la proportion de tests positifs parmi la population de non malades (1-spécificité). Pour une note parfaite, c'est-à-dire capable de discriminer parfaitement les malades des non malades, la valeur-seuil correspond au point le plus proche de l'idéal (1 ; 1) et le plus éloigné de la diagonale (dans le coin supérieur gauche du graphique) c'est-à-dire associée à une sensibilité et une spécificité de 100 % (Perneger et Perrier 2004). Mathématiquement, cela correspond au maximum de la valeur de l'indice de Youden ($Y = \text{Sensibilité} + \text{Spécificité} - 1$).

2.4.3.3. Mesure de la précision de la méthode diagnostique

A partir du seuil déterminé par la courbe ROC permettant de discriminer au mieux les lots, le classement des lots suivant les notes et les incidences de BPI a été réalisé afin d'évaluer la performance de la grille et le taux d'erreur associé (Tableau 4).

Tableau 4 : Présentation de la méthode de classement des lots

	Prédiction d'un lot à sécurité élevée donc à risque faible (Pas de BPI)	Prédiction d'un lot à sécurité faible donc à risque élevé (BPI)
Absence de JB traité dans le lot/ Moins de 15% de JB traités dans le lot	VN (Vrais négatifs)	FP (Faux positifs)
Présence d'au moins un JB traité dans le lot/ Plus de 15% de JB traités dans le lot	FN (Faux négatifs)	VP (Vrais positifs)
% de lots mal classés	$\frac{FP + FN}{\text{taille du sous-échantillon}}$	
Sensibilité	$\frac{VP}{VP + FN}$	
Spécificité	$\frac{VN}{VN + FP}$	

2.4.4. Création et test d'une note IDEALE de prédiction d'apparition des BPI

2.4.4.1. Ajustement des modalités à nos sous-échantillons

Dans nos 3 sous-échantillons, certaines modalités étaient sous-représentées. Afin d'être le plus exact pour la création de la grille idéale, il a été nécessaire de modifier certaines valeurs pour les modalités représentées par moins de 10 % de l'effectif sauf si Ter'élevage souhaitait conserver la modalité pour son intérêt.

2.4.4.2. Relations entre les différents critères et les BPI

Les relations entre les différents critères et les différentes variables à expliquer (incidence absence/présence ou incidence 15%) ont été recherchées afin d'identifier les facteurs statistiquement associés à l'apparition des BPI dans les 15 jours suivant la mise en place. Afin d'étudier ces liens, des tests de Khi deux ont été réalisés.

2.4.4.3. Relations entre les différents critères deux à deux

Pour chaque sous-échantillon d'étude, les relations entre les différents critères, pris deux à deux dans la grille, ont été cherchées. Afin d'étudier ces liens, des tests de Khi deux ont été réalisés.

2.4.4.4. Choix du meilleur modèle de régression logistique

En étudiant la relation entre chacun des critères et l'incidence des BPI, nous testons l'effet de chaque critère (variable explicative) pris isolément mais on ne peut alors pas quantifier précisément son rôle. De plus dans ces analyses univariées, il n'y a pas prise en compte de l'effet des autres critères. Ainsi, il a été décidé de travailler avec une méthode d'analyse multivariée basée sur un modèle de régression logistique.

Le modèle de régression logistique permet de modéliser l'effet de plusieurs variables explicatives quantitatives ou qualitatives à une ou plusieurs classes sur une variable qualitative à 2 classes (variables à expliquer). Dans cette étude, la régression logistique permet de décrire la liaison entre l'incidence des BPI (variable à expliquer) et les critères de la grille définis par plusieurs modalités (variables explicatives).

Différents modèles de régression logistique ont été créés à partir des variables significativement liées à la variable à expliquer ($P < 0,05$) en analyse univariée. De plus, étant donné que les variables explicatives introduites dans le modèle ne doivent pas être liées entre elles, leur introduction s'est basée sur les relations entre critères et, entre critères et BPI. Les différents modèles de régression logistique ont été affinés à l'aide d'une méthode descendante qui consiste à éliminer la variable avec la valeur-P la plus élevée et à ré-estimer le modèle sans cette variable. Dans ce dernier, la variable avec la valeur-P la plus élevée est à nouveau éliminée et ainsi de suite. Une fois les différents modèles créés, le meilleur d'entre eux a été sélectionné. Il existe plusieurs paramètres pour effectuer cette sélection et dans cette étude c'est le critère d'information d'Akaike (AIC) qui a été utilisée. Ce critère est basé sur une évaluation globale du modèle et permet d'en comparer plusieurs. En effet, plus l'AIC d'un modèle est faible, meilleur est ce dernier (Dohoo et al. 2009).

Le principal intérêt de la régression logistique est qu'elle tient compte de l'interaction entre les différentes variables en ajustant ainsi leur effet sur la variable à expliquer. Mais surtout elle permet de quantifier l'effet propre de chaque variable par le calcul d'un odds ratio (OR). Ce dernier est une mesure de l'association entre une exposition et un résultat. Il est toujours positif. Lorsqu'il vaut 1, les 2 variables sont indépendantes. Si l'OR est > 1 alors la probabilité de survenue de la maladie est accentuée alors que si l'OR est < 1 , la probabilité de survenue de la maladie est diminuée. L'odds ratio est calculé à partir des coefficients de régression logistique estimés notés β : $OR = e^{\beta}$.

2.4.4.5. *Création de la grille idéale à partir de la régression logistique*

Une grille idéale a été créée sur la base des méthodes utilisées par les analystes financiers dans le diagnostic individuel de chaque client afin d'évaluer le risque crédit. Nous avons travaillé sur une méthode proposée par Ricco Rakotomalala qui consiste à construire une grille avec des notes de 0 à 100 à partir des coefficients issus du meilleur modèle de régression logistique.

2.4.4.6. *Détermination du seuil discriminant au mieux les lots et mesure de la précision de la méthode diagnostique*

Comme précédemment, un seuil a été défini pour discriminer les lots. La mesure de la performance de la grille ainsi que des taux d'erreurs associés ont été étudiés (Courbe ROC).

2.4.5. Proposition et test d'une nouvelle notation pour la grille ATLESS

Si les résultats obtenus à l'issue des tests de la note IDEALE améliorent notamment le classement des lots, de nouvelles notations ont été proposées pour chaque modalité afin d'ajuster au mieux la relation entre la note ATLESS et l'incidence de BPI. La création de cette nouvelle grille a été basée sur les critères significativement associés à la survenue des BPI dans la grille idéale. Les relations entre chacun de ces critères et ceux n'apparaissant pas dans la grille idéale ont été étudiées afin de déterminer au mieux les notes pour chaque critère. Pour être au plus juste, il a été décidé d'utiliser la régression logistique en l'appliquant à des critères liés bien que cela soit contraire aux conditions d'applications de ce type de modèle. Par la suite, comme précédemment, le seuil discriminant au mieux les lots a été défini ainsi que le taux d'erreur associé.

2.4.6. Etude des caractéristiques du classement des lots selon les seuils mis en évidence précédemment

2.4.6.1. *Evaluation de la répartition des lots selon le classement obtenu pour la note ATLESS, la note IDEALE et la note NOUVELLE.*

La répartition des lots au sein de chaque catégorie (VN, VP, FN, FP), déterminée par les seuils mis en évidence précédemment, a été étudiée entre les différentes notes testées au sein de chaque sous-échantillon. Une analyse descriptive a été effectuée afin de voir si les lots répartis au sein des différentes catégories sont les mêmes pour les différentes notes.

2.4.6.2. Effet de la note LOT et de la note ELEVAGE sur le classement des lots

Etant donné le caractère subjectif de la note ELEVAGE (évaluée par les techniciens), le classement des lots a été effectué à partir de la note LOT et de la note ELEVAGE afin d'étudier leurs caractéristiques par rapport à la note ATLESS.

2.4.6.3. Identification des critères liés aux lots mal classés

Afin d'essayer de comprendre pourquoi certains lots étaient mal classés, des tests de Khi deux ont été effectués entre chaque critère et la variable à expliquer « Lots bien classés » ou « Lots mal classés » par rapport aux seuils mis en évidence précédemment. Puis, selon les critères significativement liés aux lots mal classés et, s'ils étaient communs à au moins 2 sous-échantillons, une régression logistique a été réalisée afin de voir quelle modalité était responsable de ce mauvais classement. Enfin, une fois la modalité identifiée, le pourcentage de lots mal classés a été calculé en éliminant tous les lots présentant cette modalité afin d'observer l'effet de cette suppression sur le classement des lots.

De plus, étant donné que les techniciens ont effectués la notation des critères d'élevage, nous nous sommes demandés si les lots dont l'élevage a été évalué par certains techniciens étaient plutôt bien ou mal classés. Des statistiques simples ont été utilisées afin de voir la proportion de lots mal classés en fonction des techniciens.

2.4.6.4. Recherche d'un intervalle permettant de délimiter 3 niveaux de sécurité

Selon la volonté de Ter'élevage d'avoir plusieurs niveaux de sécurité des lots vis-à-vis des BPI, les seuils mis en évidence précédemment ont été élargis afin de créer un intervalle correspondant à une zone de sécurité moyenne sur laquelle il serait difficile de se prononcer (Figure 1). Bien que la volonté de Ter'élevage soit de créer des niveaux de sécurité, par la suite, nous parlerons de niveau de risque en raison des analyses statistiques effectuées.

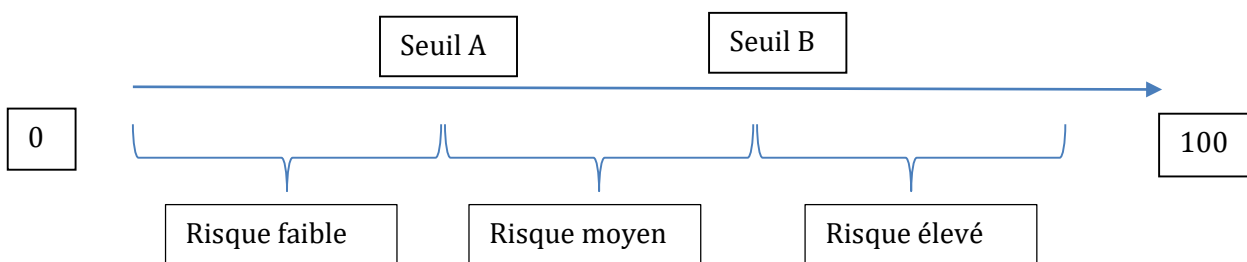


Figure 1 : Echelle de risque avec établissement d'un intervalle délimité par 2 seuils

Sachant que plusieurs propositions de seuils sont possibles, seules certaines valeurs ont été testées à partir des seuils mis en évidence par les courbes ROC. Plusieurs intervalles ont été proposés afin de tester le pourcentage de lots présents dans cet intervalle moyen, le pourcentage de lots mal classés ainsi que la sensibilité et la spécificité (Tableau 5).

Tableau 5 : Présentation de la méthode de classement des lots selon les 3 niveaux de risque

	Risque faible	Risque moyen	Risque élevé
Seuils	A		B
Absence de JB traités dans le lot/ Moins de 15% de JB traités dans le lot	VN (Vrais Négatifs)	NI (Négatifs dans la zone d'incertitude)	FN (Faux Négatifs)
Présence d'au moins un JB traité dans le lot/ Plus de 15% de JB traités dans le lot	FP (Faux Positifs)	PI (Positifs dans la zone d'incertitude)	VP (Vrais Positifs)
% de lots dans la zone d'incertitude		$\frac{NI + PI}{\text{taille du sous - échantillon}}$	
% de lots mal classés		$\frac{FP + FN}{\text{taille du sous - échantillon}}$	
Sensibilité		$\frac{VP}{VP + FN}$	
Spécificité		$\frac{VN}{VN + FP}$	

3. RESULTATS

3.1. Description de l'échantillon d'étude

Parmi les 626 lots de la population source pour lesquels des données traitements ont été récupérées pour la période de décembre 2014 à mars 2016, j'ai pu récupérer des données pour 517 lots pendant la période d'avril 2015 à mars 2016 et ce, par différents moyens (Tableau 6).

Tableau 6 : Répartition des moyens utilisés pour transmettre l'information selon les lots

Moyen de transmission des données	Fax	Mail	Mail suite appel téléphonique	Téléphone	SMS	Techniciens	Vétérinaires
Nombre de lots	33	122	25	210	8	115	4
Fréquence (en %)	6,4	23,6	4,9	40,6	1,5	22,2	0,8

Un total de 295 lots ne répondaient pas à l'ensemble des critères et ont été exclus pour les raisons suivantes :

- 88 lots n'ont pas transité par au moins un centre de tri,
- 72 lots étaient constitués de moins de 10 bovins,
- 34 lots étaient constitués d'au moins un animal ayant moins de 120 jours,
- 101 lots avec au moins une donnée manquante nécessaire à l'utilisation de la grille (absence de la note élevage, absence de poids,...).

De ce fait, l'échantillon d'étude final regroupait 7304 JB mis en place dans 134 élevages et répartis en 331 lots.

Parmi ces 331 lots, 62,8 % d'entre eux ont reçu une antibioprévention au moment de la mise en lot.

3.1.1. Répartition des élevages, des lots et des JB au sein des 3 sous-échantillons d'étude

Le sous-échantillon SANS constitué par les lots n'étant pas traités aux antibiotiques en préventif regroupait 61 élevages et 2607 JB répartis en 123 lots. Le sous-échantillon MIX, constitué par les lots n'ayant pas reçu d'antibioprévention ainsi que par des lots ayant reçu une antibioprévention et dans lesquels au moins un cas de BPI est apparu, regroupait 78 élevages et 3788 JB répartis en 170 lots et enfin le sous-échantillon AVEC, constitué par les lots avec antibioprévention à la mise en lot, regroupait 99 élevages et 4697 JB répartis en 208 lots.

3.1.2. Description des 3 sous-échantillons d'étude à l'échelle de l'élevage

3.1.2.1. Répartition géographique des élevages engraisseurs

La Figure 2 représente la répartition des élevages engraisseurs ayant participé à l'étude. Parmi ces élevages, 54 % étaient localisés en Loire Atlantique, 26 % en Bretagne, 15 % en Normandie, 5% dans le Poitou-Charentes.



Figure 2 : Répartition géographique des élevages engraisant des lots ayant participé à l'étude

3.1.2.2. Répartitions des critères d'élevage

Nous observons sur la Figure 3 que les animaux sans antibioprévention reçoivent plus de Pulmatop® à l'arrivée que ceux recevant une antibioprévention à la mise en lot. Ce lien est statistiquement significatif. Pour les autres critères, seule une observation de la répartition des effectifs permet de dégager une tendance. Il semblerait que les élevages ne pratiquant pas d'antibioprévention font plus de quarantaine et vérifient mieux leurs animaux que ceux réalisant une antibioprévention.

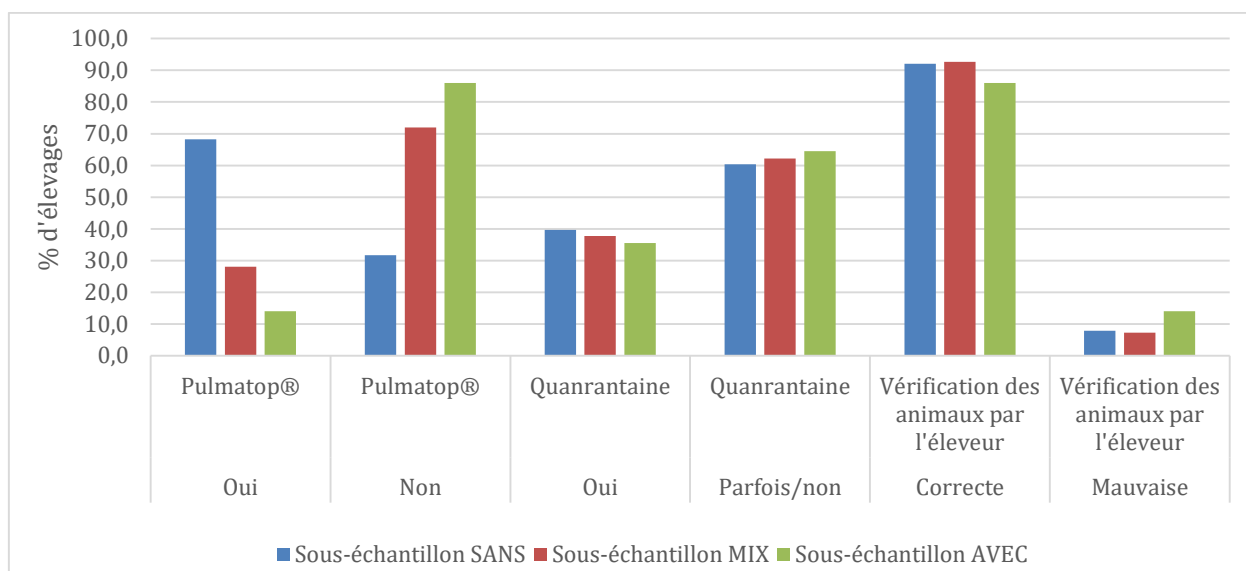


Figure 3 : Proportion des critères « Pulmatop® », « Quarantaine » et «Vérification des animaux par l'éleveur» au sein des élevages de chaque sous-échantillon

Sur la Figure 4, la tendance est plus difficile à observer même si il semblerait que dans le sous-échantillon sans antibioprévention, la taille de l'atelier est plus petite et la ventilation meilleure que dans celui avec antibioprévention.

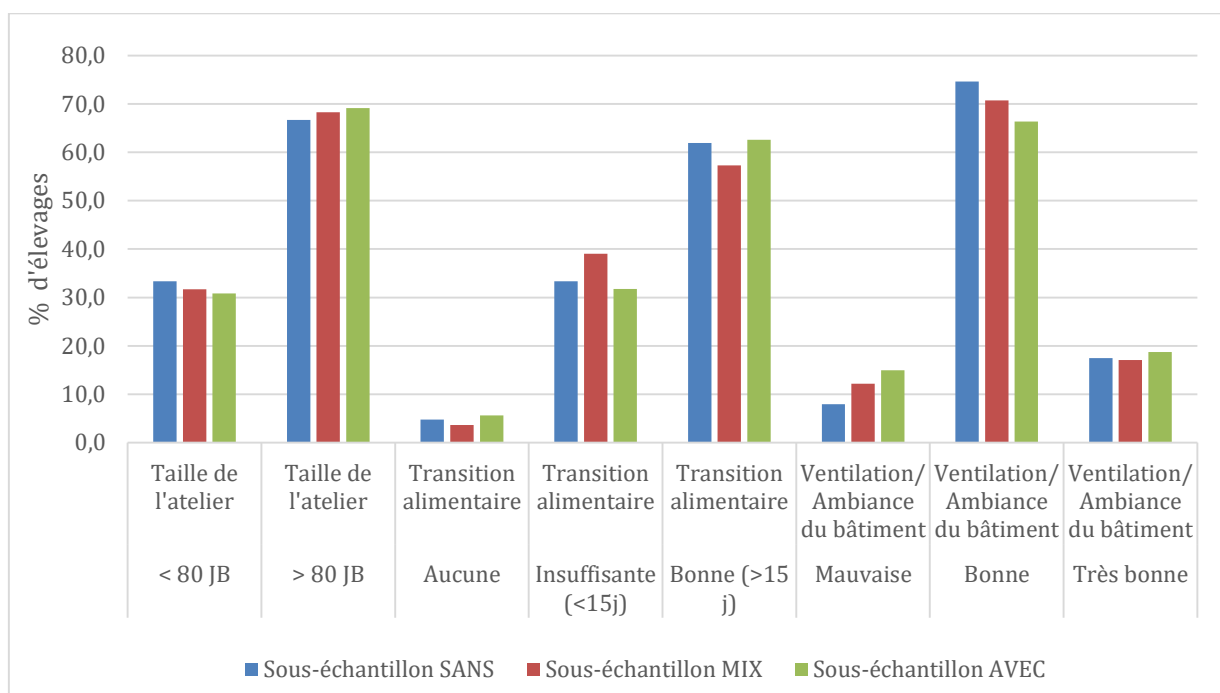


Figure 4 : Proportion des critères « Taille de l'atelier », « Transition alimentaire » et « Ventilation/ambiance du bâtiment » au sein des élevages de chaque sous-échantillon

3.1.3. Description des 3 sous-échantillons d'étude à l'échelle de l'individu

3.1.3.1. Répartition des races

Les JB étaient majoritairement de race charolaise puis de race limousine et ce, quel que soit le sous-échantillon d'étude (Figure 5). Parmi les autres races, il y avait les Aubracs, les Salers, les Maines Anjou, les Montbéliardes, les Normandes, les Parthenaises et les Croisés.

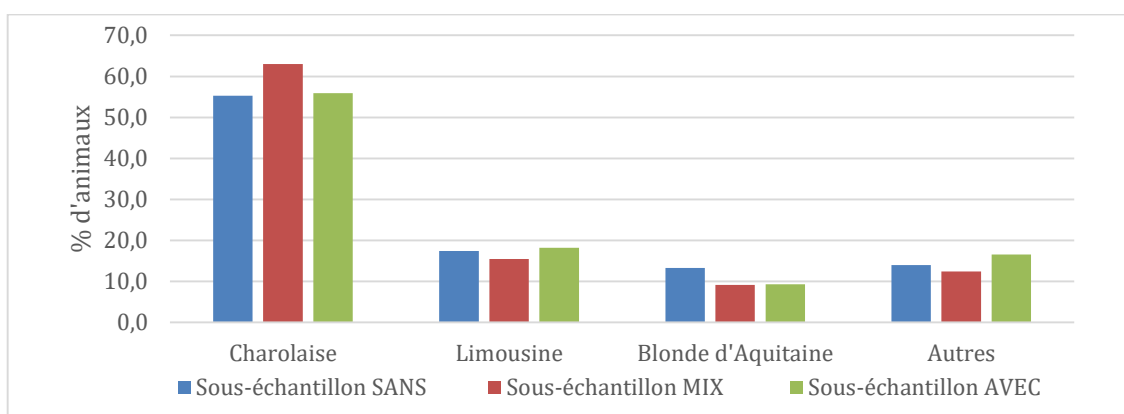


Figure 5 : Proportion des races selon les 3 sous-échantillons

3.1.3.2. Données sanitaires à l'échelle individuelle

L'incidence de BPI varie considérablement selon le sous-échantillon. Dans celui sans antibioprévention l'incidence est de 7,6 % alors qu'elle est de 10 % dans le sous-échantillon MIX (Tableau 7). Enfin, l'incidence est de 4 % dans le sous-échantillon AVEC.

Tableau 7 : Répartition des JB traités et des incidences individuelles de BPI selon les 3 sous-échantillons

Sous-échantillons	Traitements des JB					
	Pas de JB traités			JB traités (Incidence individuelle)		
	SANS	MIX	AVEC	SANS	MIX	AVEC
Effectif	2410	3409	4515	197	379	182
Fréquence (%)	92,4	90,0	96,1	7,6	10,0	3,9

3.1.4. Description des 3 sous-échantillons d'étude à l'échelle du lot

3.1.4.1. Données quantitatives

D'après les tableaux 8 et 9, la différence entre les moyennes des données quantitatives des différents sous-échantillons n'est pas très marquée. Malgré ces différences minimes, nous observons que les lots du sous-échantillon SANS sont constitués d'animaux

légèrement plus lourds, plus âgés que ceux issus du sous-échantillon AVEC et ces lots sont plus petits et formés à partir de moins d'élevage.

Tableau 8 : Description des données quantitatives « Poids moyen du lot », « Age moyen du lot » et « GMQ moyen du lot » des lots de JB pour les 3 sous-échantillons

Variables	Poids moyen des lots (kg)			Age moyen du lot (j)			GMQ moyen du lot (kg/j)		
	SANS	MIX	AVEC	SANS	MIX	AVEC	SANS	MIX	AVEC
Minimum	224,2	224,2	186,6	163,3	163,3	171,4	0,6	0,6	0,6
1^{er} quartile	290,2	289,1	283,3	224,6	223	220,2	0,9	1,0	1,0
Médiane	325,1	320,8	317,1	251,9	250,7	248,7	1,1	1,1	1,1
Moyenne	328,1	326,8	322,0	256,9	254,8	252,6	1,1	1,1	1,1
3^e quartile	365,5	363,5	357,5	274,0	273,0	280,3	1,2	1,2	1,2
Maximum	479,9	479,9	484,4	478,2	478,2	365,8	1,6	1,6	1,5
Ecart type	52,2	51,3	53,6	45,3	43,9	40,3	0,2	0,2	0,2

Tableau 9 : Description des données quantitatives « Taille du lot » et « Nombre d'élevage de provenance dans un lot » des lots de JB pour les 3 sous-échantillons

Variables	Taille des lots			Nombre d'élevages de provenance dans un lot		
	SANS	MIX	AVEC	SANS	MIX	AVEC
Minimum	10,0	10,0	10,0	1,0	1,0	1,0
1^{er} quartile	13,0	13,0	12,0	4,0	4,2	5,0
Médiane	18,0	20,0	20,0	6,0	7,0	8,0
Moyenne	21,2	22,3	22,6	7,6	8,1	8,0
3^e quartile	27,0	27,0	27,0	10,0	11,0	10,0
Maximum	60,0	68,0	69,0	23,0	25,0	26,0
Ecart type	9,9	11,4	12,4	5,3	5,1	4,7

3.1.4.2. Données relatives aux notes ATLESS

D'après la note ATLESS créée par Mugnerot en 2015, les lots avec une note de risque plus faible correspondent aux lots n'ayant pas eu d'antibioprévention alors que ceux ayant reçu une antibioprévention présentent une note ATLESS plus élevée (7 points de différence dans la moyenne). De plus, l'échantillon MIX présente des notes intermédiaires aux 2 autres sous-échantillons (Tableau 10).

Tableau 10 : Répartition des notes de risque ATLESS selon les 3 sous-échantillons

Variables Sous-échantillons	Note de risque ATLESS		
	SANS	MIX	AVEC
Minimum	28,0	28,0	40,0
1^{er} quartile	50,0	51,0	56,0
Médiane	56,0	59,0	64,0
Moyenne	56,4	58,7	63,0
3^e quartile	63,5	66,0	70,0
Maximum	76,0	82,0	84,0
Ecart type	10,2	10,3	9,5

3.1.4.3. Données sanitaires à l'échelle du lot

Au moins un JB a été traité dans 23 % des lots ayant eu une antibioprévention alors que dans les sous-échantillons SANS et MIX, respectivement 43 % et 60 % des lots regroupent au moins un JB traité (Tableau 11).

Tableau 11 : Répartition des lots avec des JB traités selon les 3 sous-échantillons

Sous-échantillon	Traitement					
	Pas de traitement dans le lot			Au moins un JB traité dans le lot		
	SANS	MIX	AVEC	SANS	MIX	AVEC
Effectif	71	71	161	52	99	47
Fréquence (%)	57,7	41,8	77,4	42,3	58,2	22,6

La Figure 6 représente la proportion de lots avec au moins un JB traité pour BPI par rapport à la proportion de lots ayant ou non reçu une antibioprévention à l'allotement au cours de l'année. D'août à mars, il y a plus de lots avec antibioprévention par rapport à ceux n'en ayant pas reçu alors que le contraire est observé pour les mois d'avril à juillet. Les lots avec au moins un JB traité sont proportionnellement plus nombreux aux mois de mai et de décembre alors que mars et septembre présentent le moins de lots traités. Nous notons également que l'augmentation de l'incidence de mars à mai est concomitante avec la diminution de la pratique de l'antibiothérapie alors que la diminution de l'incidence observée en fin d'été est concomitante avec l'augmentation de la pratique de l'antibiothérapie après la période estivale.

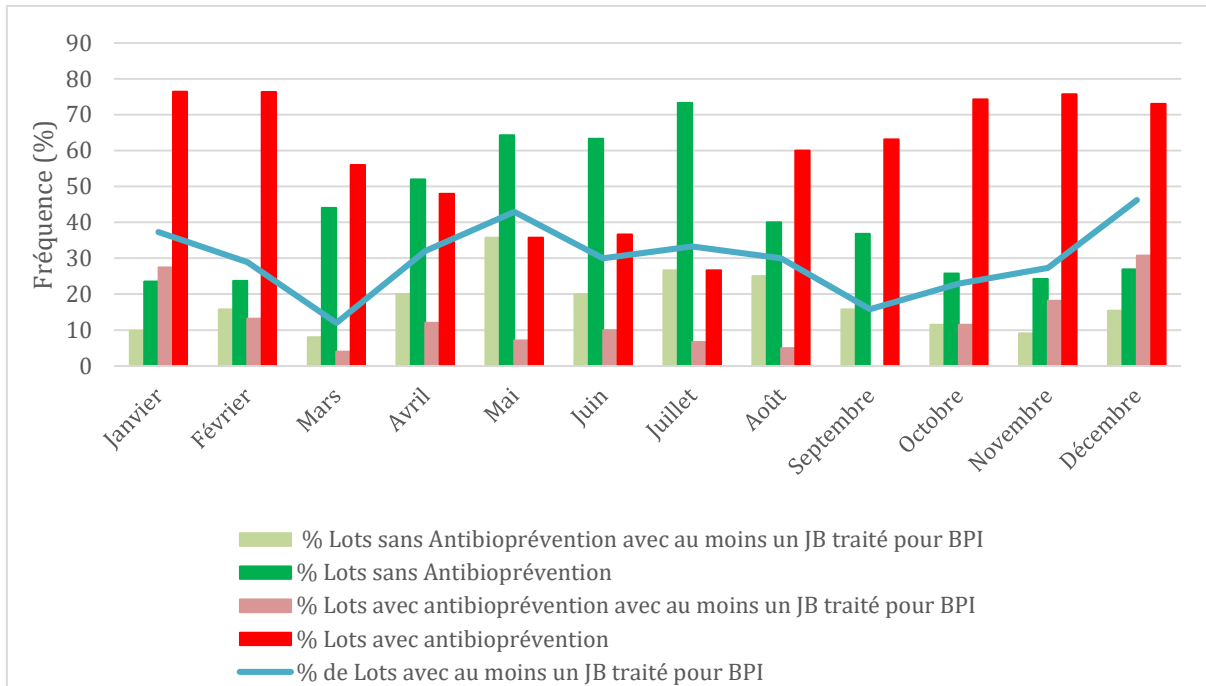


Figure 6 : Proportion de lots ayant reçu au moins un traitement contre les BPI dans les 15 jours et proportion de lots mis en place selon les mois

La Figure 7 représente la répartition des traitements des lots de JB en fonction des classes d'incidence de BPI dans le sous-échantillon SANS. Dans ce sous-échantillon, 20 % des lots ont présenté une incidence de BPI supérieure à 15%.

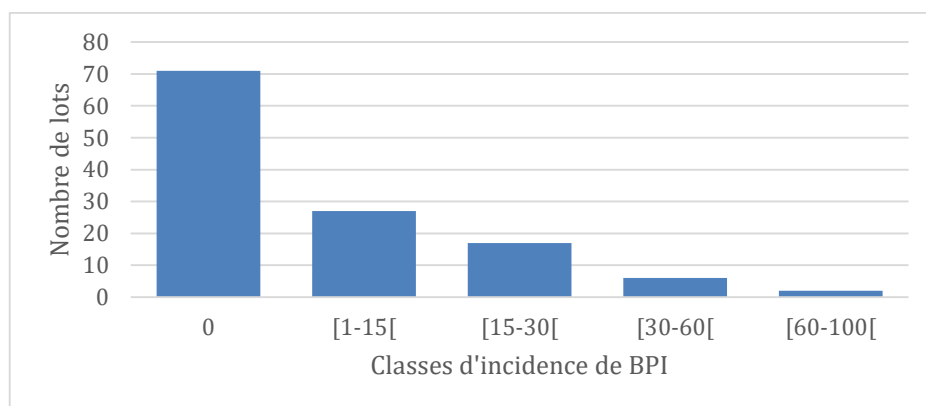


Figure 7 : Répartition des traitements des lots de JB en fonction des classes d'incidence de BPI dans le sous-échantillon SANS

3.2. Test de la note ATLESS issue de la grille de Mugnerot (2015), création d'une note IDEALE et d'une note NOUVELLE

3.2.1. Sous échantillon SANS : lots n'ayant pas reçu d'antibioprévention contre les BPI à la mise en lot

3.2.1.1. *Test de la grille ATLESS*

3.2.1.1.1. Relation entre la note ATLESS et les différents types d'incidence

Appliquée à notre sous-échantillon, la note ATLESS prédit les 2 types d'incidence : incidence absence/présence et incidence 15 % (Tableau 12). Une augmentation de 1 point dans la note multiplie le risque de contracter une BPI par 1,06 ou 1,04 selon le type d'incidence testé.

Tableau 12: Résultats de la régression logistique entre la note ATLESS et l'incidence 15% ou l'incidence absence/présence (Sous-échantillon SANS)

	Incidence 15 %	Incidence absence/présence
P	0,026	0,028
OR [IC à 95%]	1,055 [1,007 ; 1,107]	1,043 [1,004 ; 1,083]

3.2.1.1.2. Recherche du seuil discriminant les lots et classement des lots suivant ce seuil

Etant donné la faible sensibilité associée au seuil de 75 déterminé par Mugnerot (2015), c'est-à-dire le faible nombre de lot avec plus de 15% de JB traités qui ont été prédits à risque, un nouveau seuil a été déterminé pour notre sous-échantillon et la note 54 apparaît comme discriminant au mieux les lots pour cette incidence. Le Tableau 13 présente la répartition des lots suivant ces 2 seuils pour la prédiction d'une incidence de plus ou moins de 15% (Courbes ROC en Annexe IV). Près de 1 lot sur 2 a été mal classés avec le nouveau seuil déterminé.

Tableau 13 : Classement des lots selon les seuils déterminés par Mugnerot (2015) et pour notre échantillon pour l'incidence 15% (Sous-échantillon SANS)

	Seuil 75 déterminé par Mugnerot (2015)		Seuil 54 déterminé pour notre échantillon	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Moins de 15 % de JB traités	95	3	43	55
Plus de 15 % de JB traités	24	1	4	21
% de lots mal classés	21,95		47,97	
Sensibilité	0,04		0,84	
Spécificité	0,97		0,44	
Indice de Youden	-		0,28	

Le Tableau 14 présente la répartition des lots suivant le seuil mis en évidence pour notre échantillon pour l'incidence absence/présence. Avec cette incidence, il y a moins de lots mal classés qu'avec l'incidence 15%, cependant la sensibilité est diminuée.

Tableau 14 : Classement des lots selon le seuil déterminé pour notre échantillon pour l'incidence absence/présence (Sous-échantillon SANS)

Recherche seuil	56	
Indice Youden	0,23	
	Prédiction lot à risque faible	Prédiction lot à risque élevé
Absence de JB traité	42	29
Présence d'au moins un JB traité dans le lot	19	33
% de lots mal classés	39,02	
Sensibilité	0,63	
Spécificité	0,59	

3.2.1.2. Répartition des effectifs selon les critères

Afin d'avoir une répartition plus homogène des effectifs, il était nécessaire de modifier les modalités des critères « Age moyen du lot » et « Nombre d'élevages de provenance dans un lot ». Cependant, il n'était pas possible de regrouper tous les effectifs de moins de 10 % car il était important de conserver certaines modalités bien que sous-représentées pour cet échantillon (Tableau 15).

Tableau 15 : Répartition des effectifs selon la grille ATLESS et modifications des modalités relatives aux critères « Nombre d'élevages de provenance dans un lot » et « Age moyen du lot » (Sous-échantillon SANS)

Critères	Modalités	Note de sécurité	Effectifs	Fréquence (%)
Nombre de centres de tri fréquentés	1	4	20	16,3
	≥ 2 ou non connu	0	103	83,7
Taille du lot	< 10	4		0
	10-20 bv	3	71	57,7
	> 20	0	52	42,3
Distance de transport	< 200 km	10	27	22
	200-400 km	4	39	31,7
	>400 km	0	57	46,3
Nombre d'élevages de provenance (Modalités Mugnerot)	1	4	11	8,9
	2	3	7	5,7
	≥ 3	0	105	85,4
Nombre d'élevages de provenance (Modalités modifiées)	1	4	11	8,9
	2 à 3	3	19	15,4
	≥ 4	0	93	75,6
Age moyen du lot (Modalités Mugnerot)	< 270 jours	0	13	10,6
	270-310 jours	2	21	17,1
	> 310 jours	4	89	72,4
Age moyen du lot (Modalités modifiées)	< 240 jours	0	45	36,6
	240-280 jours	2	53	43,1
	> 280 jours	4	25	20,3
Mois de mise en place	Mai, juin, juillet, août	10	47	38,2
	Septembre, octobre	2	16	13
	Novembre, décembre	0	15	12,2
	Janvier, février	3	21	17,1
	Mars, Avril	6	24	19,5
Poids moyen du lot	< 270 kg	0	14	11,4
	270-320 kg	3	45	36,6
	> 320 kg	10	64	52
Lot Broutard Max	Oui	10	4	3,3
	Non	0	119	96,7
GMQ moyen avant mise en lot	≤ 1	0	32	26
	> 1	4	91	74

Pulmatop ® à l'arrivée	Oui	4	38	30,9
	Non	0	85	69,1
Quarantaine	Oui	10	62	50,4
	Non	0	61	49,6
Taille de l'atelier	< 80 JB	4	23	18,7
	> 80 JB	0	100	81,3
Transition alimentaire	Bonne > 15 j	4	77	62,6
	Insuffisante < 15	2	43	35
	Aucune	0	3	2,4
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	Très Bonne	4	18	14,6
	Bonne	3	98	79,7
	Mauvaise	2	7	5,7
	Très mauvaise	0	-	-
Vérification des animaux par l'éleveur	Correcte	4	116	94,3
	Mauvaise	0	7	5,7

3.2.1.3. Relations entre les différents critères et les incidences de BPI

Les critères statistiquement liés à l'incidence absence/présence d'au moins un JB traité dans le lot en analyse univariée sont « Nombre d'élevages de provenance dans un lot », « Age moyen du lot », « Taille de l'atelier » et « Transition alimentaire ». En revanche, seuls les critères « Age moyen du lot » et « Taille de l'atelier » sont significativement liés à l'incidence 15% (Tableau 16). Les critères non statistiquement liés sont présentés en Annexe V.

Tableau 16 : Résultats de l'analyse univariée des critères statistiquement liés aux 2 types d'incidence (Sous-échantillon SANS)

	Absence/présence d'au moins un JB traité	Plus de 15% ou moins de 15% de JB traités
Nombre d'élevages de provenance dans un lot	0,0006	-
Age moyen du lot	0,02	0,02
Taille de l'atelier	0,0035	0,04
Transition alimentaire	0,024	-

3.2.1.4. Création et test de la grille idéale

De nombreux liens entre critères ont été mis en évidence dans ce sous-échantillon (Annexe VI). Afin de construire le modèle de régression logistique idéal, il était nécessaire que les variables explicatives soient indépendantes. Parmi les critères mis en évidence dans le Tableau 16, seul le critère « Transition alimentaire » est lié au critère « Age moyen du lot » et « Taille de l'atelier ». De ce fait, la construction des différents modèles de régression logistique a été basée sur les critères « Nombre d'élevages de provenance d'un lot », « Age moyen du lot » et « Taille de l'atelier » ainsi que « Nombre d'élevages de provenance » et « Transition alimentaire ». Le modèle avec l'AIC le plus faible était celui regroupant les trois critères « Nombre d'élevages de provenance d'un lot », « Age moyen du lot » et « Taille de l'atelier ». Celui-ci permettait de mieux expliquer la variable absence ou présence d'au moins un JB traité par lot. Pour l'incidence 15%, une grille idéale a également été créée à partir des 2 critères « Taille atelier » et « Age » mais les résultats n'étant pas meilleurs que la précédente (moins bon indice de Youden et plus de lots mal classés), la grille à 3 critères a été utilisée pour la suite (Tableau 17).

Tableau 17 : Grille idéale pour l'incidence absence/présence et l'incidence 15% (Sous-échantillon SANS)

Critères	Modalités	OR	Note de risque	Note de sécurité
Nombre d'élevage de provenance dans un même lot	1	0,1	0	41
	2 à 3	0,2	6	35
	≥ 4	1	41	0
Age moyen du lot	< 240 jours	1	24	0
	240-280 jours	0,37	4	20
	> 280 jours	0,29	0	24
Taille de l'atelier	< 80	0,16	0	35
	> 80	1	35	0

Les JB provenant d'un seul élevage naisseur avaient moins de risque de contracter une BPI que les autres (OR=0,1). De plus, les animaux ayant plus de 280 jours et issus de petits ateliers (< 80 JB) présentaient moins de risque d'avoir une BPI (respectivement OR=0,29 et OR=0,16) (Tableau 17).

Le Tableau 18 présente les résultats de la relation entre la note IDEALE et les différents types d'incidence et nous observons que pour une augmentation de 1 point de la note IDEALE, le risque de contracter une BPI dans les 15 jours est multiplié par 1,04 ou 1,05 selon le type d'incidence.

Tableau 18 : Résultats de la régression logistique entre la note IDEALE et les 2 types d'incidence (Sous-échantillon SANS)

	Absence/présence	Incidence 15
P	4 10 ⁻⁶	0,002
OR [IC à 95%]	1,05 [1,03 ; 1,08]	1,04[1,01 ; 1,07]

Le pourcentage de lots mal classés est amélioré avec la note IDEALE mais celui-ci est encore élevé (entre 25 et 29% selon le type d'incidence) (Tableau 19). En revanche la note IDEALE a diminué la sensibilité pour l'incidence 15% (Courbes ROC en Annexe VII).

Tableau 19 : Classement des lots après détermination du seuil selon la note IDEALE et selon les 2 types d'incidence (Sous-échantillon SANS)

Incidence	Absence/Présence TT		Incidence 15	
Recherche seuil	77-79		≥ 81	
Indice Youden	0,45		0,33	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Pas de BPI (Absence de JB traité ou moins de 15 % de JB traités)	47	24	80	18
BPI (Présence d'au moins un JB traité ou plus de 15 % de JB traités)	11	41	12	13
% de lots mal classés	28,46		24,39	
Sensibilité	0,79		0,52	
Spécificité	0,66		0,82	

3.2.1.5. Proposition et test d'une nouvelle grille

Une nouvelle grille a été créée à partir de la grille idéale améliorant le classement des lots (Tableau 20). Tous les critères de la grille ATLESS ont été conservés, seule la pondération a été modifiée et ce, grâce aux liens mis en évidence entre ceux de la grille idéale et les autres en analyse univariée puis multivariée (Annexe VIII). Seuls les critères « Pulmatop® », « Ventilation » et « Broutard Max » ne sont pas liés à l'un de ceux de la grille idéale. De ce fait une note minimale leur a été attribuée.

Tableau 20 : Nouvelle grille construite à partir de la grille idéale à 3 critères (Sous-échantillon SANS)

Critères	Modalités	Note de risque	Note de sécurité
Nombre de centres de tri fréquentés	1	0	8
	≥ 2 ou non connu	8	0
Taille du lot	< 10		Absent
	10-20 BV	0	8
	> 20	8	0
Distance de transport	< 200 km	0	9
	200-400 km	6	3
	>400 km	9	0
Nombre d'élevages de provenance dans un même lot	1	0	22
	2 à 3	7	15
	≥ 4	22	0
Vérification des animaux par l'éleveur	Correcte	0	2
	mauvaise	2	0
Age moyen du lot	< 240 jours	12	0
	240-280 jours	4	8
	> 280 jours	0	12
Mois de mise en place	Mai, juin, juillet, août	0	4
	Septembre, octobre	3	1
	Novembre, décembre	4	0
	Janvier, février	2	2
	Mars, avril	1	3
Poids moyen du lot	< 270 kg	5	0
	270-320 kg	3	2
	> 320 kg	0	5
GMQ moyen avant mise en lot	≤ 1	2	0
	> 1	0	2
Quarantaine	Oui	0	6
	Non	6	0
Taille de l'atelier	<80	0	12
	>80	12	0

Transition alimentaire	Bonne > 15 jours	0	3
	Insuffisante < 15 jours	2	1
	Aucune	3	0
Pulmatop ® (Se, antioxydants) à l'arrivée	Oui	0	2
	Non	2	0
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	Très Bonne	0	3
	Bonne	1	2
	Mauvaise	2	1
	Très mauvaise	3	0
Lot Broutard Max	Oui	0	2
	Non	2	0

La relation entre la note NOUVELLE et les 2 types d'incidence était statistiquement significative et le risque de contracter une BPI dans les 15 jours suivant la mise en lot était multiplié par 1,08 ou 1,06 selon l'incidence absence/présence ou l'incidence 15% (Tableau 21).

Tableau 21: Résultats de la régression logistique entre la note NOUVELLE et les 2 types d'incidence (Sous-échantillon SANS)

	Incidence Absence/présence	Incidence 15
P	2,6 10 ⁻⁵	0,006
OR [IC à 95%]	1,08 [1,04 ; 1,12]	1,06 [1,02 ; 1,11]

A nouveau, un seuil a été recherché pour chaque type d'incidence et nous observons que concernant l'incidence 15%, il n'y a pas d'amélioration du pourcentage de lots mal classés alors qu'une légère amélioration de 7 % de lots mal classés est notée en ce qui concerne l'incidence Absence/présence (Tableau 22) (Courbes ROC en Annexe IX).

Tableau 22 : Classement des lots après détermination du seuil selon la note NOUVELLE (Sous-échantillon SANS)

	Incidence Absence/présence		Incidence 15 %	
Recherche seuil	62		62	
indice Youden	0,41		0,29	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Pas de BPI (Absence de JB traité ou moins de 15 % de JB traités)	40	31	44	54
BPI (Présence d'au moins un JB traité ou plus de 15 % de JB traités)	8	44	4	21
% de lots mal classés	31,71		47,15	
Sensibilité (VP/VP+FN)	0,85		0,84	
Spécificité (VN/VN+FP)	0,56		0,45	

Ainsi, pour le sous-échantillon SANS, quel que soit le type d'incidence testé, la note IDEALE a permis d'améliorer le classement des lots par rapport à la note ATLESS. Cependant la note NOUVELLE n'a que peu amélioré ce classement alors qu'elle a amélioré la sensibilité. Au mieux, le pourcentage de lots mal classés était de 24 % pour la note IDEALE expliquant l'incidence 15% et de 28 % pour l'incidence Absence/présence.

3.2.2. Sous-échantillon MIX : lots sans antibioprévention ainsi que lots ayant reçu une antibioprévention et dans lesquels au moins un cas de BPI est apparu

3.2.2.1. Test de la grille ATLESS

3.2.2.1.1. Relation entre la note ATLESS et l'incidence absence/présence de JB traités dans le lot

Appliquée à cet autre sous-échantillon, la note ATLESS a prédit l'incidence absence/présence (Tableau 23). Une augmentation de 1 point dans la note augmentait le risque de contracter une BPI par 1,07.

Tableau 23: Résultats de la régression logistique entre la note ATLESS et l'incidence absence/présence (Sous-échantillon MIX)

Incidence Absence/présence	
P	4,79 10 ⁻⁵
OR [IC à 95%]	1.07 [1,04 ; 1,11]

3.2.2.1.2. Recherche du seuil discriminant les lots et classement des lots suivant ce dernier

Etant donné que dans la thèse précédente le seuil a uniquement été recherché pour l'incidence 15%, et que pour ce sous-échantillon, seul l'incidence absence/présence est testée, un nouveau seuil discriminant au mieux les lots a été recherché (Tableau 24). Nous observons que 32% des lots étaient mal classés (Courbe ROC en Annexe X) mais l'indice de Youden de 0,34 relève une bonne sensibilité et spécificité de ce classement.

Tableau 24 : Classement des lots après détermination du seuil selon la note ATLESS (Sous-échantillon MIX)

Incidence Absence/présence		
Recherche seuil	56	
Indice Youden	0,34	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Absence de JB traités	42	29
Présence d'au moins un JB traité dans le lots	25	74
% de lots mal classés	31,76	
Sensibilité	0,75	
Spécificité	0,59	

3.2.2.2. Répartition des effectifs selon les critères

Afin de faciliter l'ensemble des calculs pour les 3 sous-échantillons, les mêmes modifications de bornes que le sous-échantillon SANS ont été effectuées. La répartition des effectifs selon la grille ATLESS et les modifications de ces modalités sont présentées en Annexe XI.

3.2.2.3. Relations entre les différents critères et les incidences de BPI

Les critères statistiquement liés à l'incidence absence ou présence d'au moins un JB traité dans le lot en analyse univariée sont « Mois de mise en place », « Distance de transport », « Taille du lot », « Nombre d'élevages de provenance dans un lot », « Age moyen du lot », « Taille de l'atelier » (Tableau 25). Les critères non statistiquement liés sont présentés en Annexe XII.

Tableau 25 : Résultats de l'analyse univariée des critères statistiquement liés à l'incidence Absence/présence (Sous-échantillon MIX)

	Incidence Absence/Présence
Mois de mise en place	0,01
Distance de transport	0,004
Taille du lot	0,027
Nombre d'élevages de provenance dans un lot	8 10 ⁻⁶
Age moyen du lot	0,049
Taille de l'atelier	0,002

3.2.2.4. Création et test de la grille idéale

Comme précédemment, une grille idéale a été créée en prenant en compte les critères liés à l'incidence absence/présence et les liens entre critères (Tableau 25 et *Annexe XIII*). Ce sont les 3 mêmes critères que dans le sous-échantillon SANS qui sont ressortis significatifs dans le meilleur modèle. De ce fait, le Tableau 26 présente la grille idéale créée pour ce sous-échantillon. Comme pour le sous-échantillon SANS, les JB provenant d'un seul élevage naisseur avaient 10 fois moins de risque de contracter une BPI que les autres. Cependant, les animaux ayant plus de 280 jours et issus de petits ateliers (<80 JB) présentaient respectivement 2,5 fois et 3 fois moins de risque d'avoir une BPI (Tableau 26).

Tableau 26 : Grille idéale pour l'incidence absence/présence (Sous-échantillon MIX)

	Modalités	OR	Note de risque	Note de sécurité
Nombre d'élevages de provenance dans un même lot	1	0,1	0	52
	2 à 3	0,16	10	42
	≥ 4	1	52	0
Age moyen du lot	< 240 jours	1	21	0
	240-280 jours	0,44	2	19
	> 280 jours	0,4	0	21
Taille de l'atelier	<80 JB	0,3	0	27
	>80 JB	1	27	0

Le Tableau 27 présente les résultats de la relation entre la note IDEALE et l'incidence Absence/présence et nous observons que pour une augmentation de 1 point de la note IDEALE, le risque de contracter une BPI dans les 15 jours est multiplié par 1,05.

Tableau 27 : Résultats de la régression logistique entre la note IDEALE et l'incidence Absence/présence (Sous-échantillon MIX)

Incidence Absence/présence	
P	1,5 10 ⁻⁷
OR [IC à 95%]	1,05 [1,03 ; 1,06]

Avec la note IDEALE, le pourcentage de lots mal classés n'est amélioré que de 2 % et seule une amélioration de la spécificité est notée (Tableau 28) (Courbes ROC en Annexe XIV).

Tableau 28 : Classement des lots après détermination du seuil selon la note IDEALE (Sous-échantillon MIX)

Incidence Absence/Présence		
Recherche seuil	80	
Indice Youden	0,4	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Absence de JB traité	47	24
Présence d'au moins un JB traité dans le lot	25	74
% de lots mal classés	28,82	
Sensibilité	0,75	
Spécificité	0,66	

Etant donné la faible amélioration du nombre de lots mal classés, de la sensibilité et la spécificité entre la note IDEALE et la note ATLESS, il a été décidé de ne pas créer une nouvelle grille à partir de cette grille idéale car elle serait de toute évidence moins prédictive que cette dernière.

Ainsi, pour le sous-échantillon MIX, la note IDEALE n'améliore que très peu le classement des lots par rapport à la note ATLESS et le pourcentage de lots mal classés est d'environ 30% quel que soit la note testée. De plus, la sensibilité pour la note ATLESS est de 0,75.

3.2.3. Sous-échantillon AVEC : lots ayant reçu une antibioprévention contre les BPI à la mise en lot

3.2.3.1. *Test de la grille ATLESS*

3.2.3.1.1. Relation entre la note ATLESS et l'incidence absence/présence de JB traités dans le lot

Appliquée au sous-échantillon AVEC, la note ATLESS ne prédit pas l'absence ou la présence d'au moins un JB traité dans le lot (Tableau 29).

Tableau 29: Résultats de la régression logistique entre la note ATLESS et l'incidence absence/présence (Sous-échantillon AVEC)

	Incidence absence/présence
P	0,2
OR [IR à 95%]	1,02 [0,99 ; 1,06]

3.2.3.1.2. Recherche du seuil discriminant les lots et classement des lots suivant ce seuil

A l'aide d'une courbe ROC peu discriminante (Figure 8), un seuil a été déterminé et un classement effectué (Tableau 30). Avec le seuil mis en évidence, près de 1 lot sur 2 est mal classé.

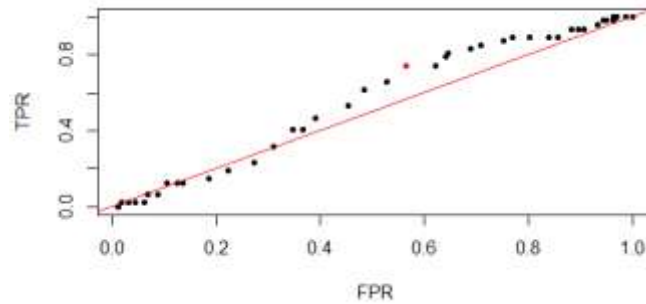


Figure 8: Courbe ROC de la note ATLESS et de l'incidence absence/présence (Sous-échantillon AVEC)

Tableau 30 : Classement des lots après détermination du seuil selon la note ATLESS (Sous-échantillon AVEC)

Incidence absence/présence		
Recherche seuil	62	
Indice Youden	0,18	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Absence de JB traité	70	91
Présence d'au moins un JB traité dans le lot	12	35
% de lots mal classés	49,52	
Sensibilité	0,74	
Spécificité	0,43	

3.2.3.2. Répartition des effectifs selon les critères

Comme pour le sous-échantillon MIX, les mêmes modifications de bornes ont été effectuées. La répartition des effectifs selon la grille ATLESS et les modifications de ces modalités sont présentées en Annexe XV.

3.2.3.3. Relations entre les différents critères et l'incidence absence/présence de JB traités dans le lot

Etant donné qu'il n'y avait pas de critères statistiquement liés à l'incidence absence/présence avec un taux d'erreur à 5%, il a été décidé d'accepter un taux d'erreur à 10% (Tableau 31). Les critères non statistiquement liés sont présentés en Annexe XVI.

Tableau 31: Résultats de l'analyse univariée des critères statistiquement liés à l'incidence absence/présence avec un taux d'erreur à 10 % (Sous-échantillons AVEC)

Incidence Absence/présence	
Mois de mise en place	0,11
Pulmatop®	0,086
Taille de l'atelier	0,07

3.2.3.4. Création et test de la grille idéale

Comme précédemment, un modèle idéal a été créé en prenant en compte les critères liés à l'incidence absence/présence ainsi que les liens entre critères (Tableau 31 et Annexe XVII). Le « Mois de mise en place », la distribution de « Pulmatop® » et la « Taille de l'atelier » ressortent liés à l'incidence de BPI (Tableau 31). Un lien entre « Pulmatop® » et « Taille de l'atelier » a été mis en évidence. De ce fait, selon l'AIC, le meilleur modèle de régression logistique regroupait les critères « Taille de l'atelier » et « Mois de mise en place » et une grille idéale a été créée (Tableau 32). Les JB engraissés dans des ateliers inférieurs à 80 bovins présentent moins de risque d'avoir une BPI (OR=0,4). Ce risque est inférieur pour les lots mis en place en janvier et février ainsi que pour ceux mis en place en septembre et octobre par rapport à ceux mis en place en novembre et en décembre (respectivement OR = 0,83 et OR = 0,25).

Tableau 32: Grille idéale pour l'incidence Absence/présence (Sous-échantillon AVEC)

	Modalités	OR	Note de risque	Note de sécurité
Taille de l'atelier	<80 JB	0,4	0	40
	>80 JB	1	40	0
Mois de mise en place	Mai, juin, juillet, août	0,47	28	32
	Septembre, octobre	0,25	0	60
	Novembre, décembre	1	60	0
	Janvier, février	0,83	52	8
	Mars, avril	0,41	22	38

Avec cette nouvelle grille, la note IDEALE était significativement liée à l'incidence absence/présence (Tableau 33).

Tableau 33: Résultats de la régression logistique entre la note IDEALE et l'incidence absence/présence (Sous-échantillon AVEC)

Incidence absence/présence	
P	0,001
OR [IC à 95%]	1,02 [1,01 ; 1,03]

Après recherche du seuil discriminant au mieux les lots pour la note IDEALE, 36 % des lots ont été mal classés (Tableau 34) (Courbes ROC en Annexe XVIII).

Tableau 34: Classement des lots après détermination du seuil selon la note IDEALE (Sous-échantillon AVEC)

Incidence absence/Présence		
Recherche seuil	70-92	
Indice Youden	0,26	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Pas de BPI	104	57
BPI	18	29
% de lots mal classés	36	
Sensibilité	0,61	
Spécificité	0,65	

3.2.3.5. Création et test d'une nouvelle grille

Comme pour le sous-échantillon SANS, une nouvelle grille a été créée à partir de la grille idéale améliorant le classement des lots (Tableau 35). Tous les critères de la grille ATLESS ont été conservés, seule la pondération a été modifiée et ce grâce aux liens mis en évidence entre les 2 critères de la grille idéale et les autres critères en analyse univariée puis multivariée (Annexe XIX). Les critères « Nombre de centres de tri fréquentés », « Taille du lot », « Nombre d'élevage de provenance dans un lot » ainsi que « Ventilation/Ambiance du bâtiment » et « Vérification des animaux par l'éleveur » ne sont pas liés à l'un de ces 2 critères. De ce fait une note minimale leur a été attribuée.

Tableau 35: Nouvelle grille construite à partir de la grille idéale à 2 critères (Sous-échantillon AVEC)

Critères	Modalités	Note de sécurité	Note de risque
Mois de mise en place	Mai, juin, juillet, août	13	12
	Septembre, octobre	25	0
	Novembre, décembre	0	25
	Janvier, février	4	21
	Mars, avril	17	8
Distance de transport	< 200 km	10	0
	200-400 km	5	5
	> 400 km	0	10
Poids moyen du lot	< 270 kg	0	4
	270-320 kg	2	2
	> 320 kg	4	0

Lot Broutard Max	Oui	3	0
	Non	0	3
GMQ moyen avant mise en lot	≤ 1	0	2
	> 1	2	0
Age moyen du lot	< 240jours	0	10
	240-280 jours	4	6
	> 280 jours	10	0
Nombre de centres de tri fréquentés	1	2	0
	≥ 2 ou non connu	0	2
Taille du lot	< 10	-	-
	10-20	2	0
	> 20	0	2
Nombre d'élevages de provenance dans un même lot	1	2	0
	2 à 3	1	1
	≥ 4	0	2
Taille de l'atelier	< 80	16	0
	> 80	0	16
Pulmatop ® (Se, antioxydants) à l'arrivée	Oui	8	0
	Non	0	8
Quarantaine	Oui	3	0
	Non	0	3
Transition alimentaire	Bonne > 15 jours	8	0
	Insuffisante < 15 jours	2	6
	Aucune	0	8
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	Très Bonne	3	0
	Bonne	2	1
	Mauvaise	1	2
	Très mauvaise	0	3
Vérification des animaux par l'éleveur	Correcte	2	0
	Mauvaise	0	2

La relation entre la note NOUVELLE et l'incidence absence/présence d'au moins un JB traité était statistiquement significative et le risque de contracter une BPI dans les 15 jours suivant la mise en lot était multiplié par 1,06 pour un point de plus dans la note (Tableau 36).

Tableau 36 : Résultat de la régression logistique entre la note NOUVELLE et l'incidence absence/présence (Sous-échantillon AVEC)

	Incidence absence/présence
P	0,006
OR [IC à 95%]	1,06 [1,03 ; 1,1]

A nouveau, un seuil a été recherché afin de discriminer au mieux les lots et une nette amélioration de classement a été observée par rapport à la note ATLESS (Tableau 37) (Courbes ROC en Annexe XX).

Tableau 37 : Classement des lots après détermination du seuil selon la note NOUVELLE (Sous-échantillon AVEC)

	Incidence Absence/présence	
Recherche seuil	67	
Indice Youden	0,24	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Absence de JB traité	131	30
Présence d'au moins un JB traité dans le lot	27	20
% de lots mal classés	27,4	
Sensibilité	0,43	
Spécificité	0,81	

Ainsi, la note ATLESS ne semblait pas être adaptée aux lots ayant reçu une antibioprévention. Cependant, avec la note NOUVELLE, il était possible d'améliorer le classement des lots (27,4 % de lots mal classés) mais la sensibilité a été diminuée (0,43).

3.3. Etude des caractéristiques du classement des lots selon les seuils mis en évidence précédemment

3.3.1. Evaluation de la répartition des lots selon le classement obtenu pour la note ATLESS, la note IDEALE et la note NOUVELLE.

Malgré une répartition des lots quasiment identique au sein de chacune des catégories (VN, FN, FP, VP) entre les Note ATLESS et Note IDEALE ou Note ATLESS et Note NOUVELLE, nous avons observé qu'il ne s'agissait pas nécessairement des mêmes lots. En effet, les tableaux 38 et 39 présentent une répartition presque identique des lots, cependant, seul peu de lots sont commun aux 2 notes. Par exemple, sur les 55 lots classés faux positifs par la note ATLESS dans le sous-échantillon SANS, seuls 39 lots sont communs avec les 54 lots classés faux positifs avec la note IDEALE. La même constatation a été faite pour les autres notes dans les autres sous-échantillons (Annexe XI).

Tableau 38 : Répartition des lots en commun d'après les classements obtenus selon la note ATLESS et la note NOUVELLE pour l'incidence 15% (Sous-échantillon SANS)

Sous-échantillon SANS	Classement Note ATLESS/Note NOUVELLE Lots en commun	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Moins de 15% de JB traités	43/44 28	55/54 39
Plus de 15 % de JB traités	4/4 2	21/21 19

Tableau 39: Répartition des lots en commun d'après les classements obtenus selon la note ATLESS et la note IDEALE pour l'incidence absence/présence (Sous-échantillon MIX)

Sous-échantillon MIX	Classement Note ATLESS/Note IDEALE Lots en commun	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Absence de JB traité	42/47 26	29/24 8
Présence d'au moins un JB traité	25/25 6	74/74 55

3.3.2. Effet de la note LOT et de la note ELEVAGE sur le classement des lots

Quelque que soit le sous-échantillon, la note ELEVAGE n'était pas significativement liée aux 2 types d'incidence testés et l'indice de Youden de la note ELEVAGE était toujours inférieur à celui de la note LOT. De plus, la note LOT présentait un pourcentage de lots mal classés inférieur à celui de la note ATLESS pour les sous-échantillons SANS et MIX alors que la note ELEVAGE présentait un pourcentage de lots mal classés inférieur à celui de la note ATLESS pour le sous-échantillon AVEC. Enfin, la sensibilité était meilleure pour la note LOT alors que la spécificité était meilleure pour la note ELEVAGE. Ainsi la note LOT permet davantage de prédire un risque élevé d'apparition de BPI chez les lots avec présence d'au moins un JB traité, alors que la note ELEVAGE permet davantage de prédire un risque faible d'apparition de BPI chez les lots ne présentant pas de JB traité (Tableau 40).

Tableau 40 : Comparaison des caractéristiques des classements des lots selon la note LOT, la note ELEVAGE et la note ATLESS pour chaque sous-échantillon

Sous-échantillon	SANS Incidence 15%	SANS Incidence Absence/Présence	MIX Incidence Absence/Présence	AVEC Incidence Absence/Présence
	Note LOT/Note ELEVAGE			
	Note ATLESS			
Relations entre Note et Incidence (P)	0,05/0,44 0,026	0,008/0,6 0,004	2,7 10 ⁻⁵ /0,57 4,79 10 ⁻⁵	0,057/0,59 0,2
Seuils	45/19 54	42/19 56	42/19 56	45/19 62
Indices de Youden	0,29/0,2 0,28	0,3/0,12 0,23	0,35/0,2 0,34	0,15/0,11 0,18
% de lots mal classés	40/30 48	37,4/40,6 39	30/42 32	54/41,8 49,5
Sensibilités	0,72/0,44 0,84	0,83/0,35 0,6	0,77/0,42 0,75	0,79/0,5 0,74
Spécificités	0,57/0,77 0,44	0,48/0,77 0,59	0,57/0,77 0,59	0,36/0,6 0,43

3.3.3. Identification des critères liés aux lots mal classés

Les tests de Khi Deux ont mis en évidence que dans les sous-échantillons SANS et MIX, ce sont les critères « GMQ moyen du lot » et « Taille de l'atelier » qui étaient significativement liés aux lots mal classés et pour les sous-échantillons SANS (incidence 15%) et AVEC, ce sont les critères « Nombre de centres de tri fréquentés », « Distance de transport », « Poids moyen du lot », « Pulmatop® » ainsi que « Quarantaine » qui étaient significativement liés aux lots mal classés (Tableau 41). Les critères non significativement liés aux lots mal classés sont présentés en Annexe XXII.

Tableau 41 : Résultats de l'analyse univariée des critères significativement liés aux lots mal classés dans chaque sous-échantillon avec acceptation d'un taux d'erreur inférieur à 10 % (Test de Khi deux)

P	SANS Incidence 15%	SANS Incidence Absence/ Présence	MIX Incidence Absence/ Présence	AVEC Incidence Absence/ Présence
Nombre de centres de tri fréquentés	0,04	-	-	0,015
Distance de transport	0,02	-	-	0,069
Poids moyen du lot	0,01	-	-	0,0012
Nombre d'élevages de provenance	-	-	-	0,096
GMQ moyen	0,034	0,034	0,08	-
Pulmatop® à l'arrivée	0,06	-	-	0,02
Quarantaine	0,058	-	-	3 10 ⁻⁷
Taille de l'atelier	0,01	0,09	0,06	
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	-	-	-	0,003
Vérification des animaux	-	-	-	0,02

Le Tableau 42 présente le pourcentage de lots mal classés pour les sous-échantillons SANS et MIX ne prenant pas en compte les lots classés dans les modalités « Taille de l'atelier inférieur à 80 JB » et « GMQ moyen inférieur à 1 kg/j » qui augmentent le risque d'avoir des lots mal classés (OR = [2,35 ; 2,4] pour « Taille de l'atelier inférieure à 80 JB » et OR = [0,38 ; 0,49] pour « GMQ supérieur à 1kg/j »). Une amélioration du pourcentage de lots mal classés est notée pour le critère « GMQ moyen » dans le sous-échantillon SANS.

Tableau 42 : Pourcentage de lots mal classés selon la note ATLESS en supprimant les lots présentant la modalité responsable du mauvais classement pour les sous-échantillons SANS et MIX

	Sous échantillon SANS Incidence 15 %	Sous échantillon SANS Incidence Absence/Présence	Sous-échantillon MIX Incidence Absence/présence
% de lots mal classés selon Note ATLESS	48	39	32
% de lots mal classés en supprimant la modalité « Taille de l'atelier inférieure à 80 JB »	57	56	52
% de lots mal classés en supprimant la modalité « GMQ moyen < 1 kg/j »	33	33	41

Le Tableau 43 présente le pourcentage de lots mal classés pour les sous-échantillons SANS (incidence 15%) et AVEC en ne prenant pas en compte les lots classés dans les modalités « Au moins 2 centres de tri fréquentés », « Poids moyen inférieur à 270 kg », « Distance de transport supérieure à 400 km », « Pas de Pulmatop® à l'arrivée », « Pas de quarantaine » qui augmentent le risque d'avoir des lots mal classés (OR >1 pour chacune des modalités). Le pourcentage de lots mal classés est amélioré pour chaque suppression des lots présentant une des modalités précédentes.

Tableau 43 : Pourcentage de lots mal classés selon la note ATLESS en supprimant les lots dans la modalité responsable du mauvais classement pour les sous-échantillons SANS incidence 15% et AVEC

	Sous-échantillon SANS Incidence 15%	Sous-échantillon AVEC Incidence Absence/présence
% de lots mal classés selon Note ATLESS	48	50
% de lots mal classés en supprimant la modalité « Au moins 2 centres de tri fréquentés »	25	35
% de lots mal classés en supprimant la modalité « Poids moyen inférieur à 270 kg »	45	45
% de lots mal classés en supprimant la modalité « Distance de transport supérieure à 400km »	39	29
% de lots mal classés en supprimant la modalité « Pas de Pulmatop® à l'arrivée »	34	29
% de lots mal classés en supprimant la modalité « Pas de quarantaine »	39	25

En enlevant les modalités responsables du mauvais classement des lots pour les critères présentés ci-dessus et pour chaque sous-échantillon, une amélioration de classement a pu être obtenue, avec au mieux 25 % des lots qui sont mal classés.

Aucun lien significatif, entre les techniciens ayant noté les élevages et les lots mal classés, n'a été mis en évidence. Cependant, le pourcentage de lots mal classés varie selon les techniciens et selon les sous-échantillons, la plupart présente un pourcentage supérieur à la moyenne alors que certains présentent un pourcentage de lots mal classés inférieur à la moyenne. Aucun technicien ne semble se différencier des autres (Annexe XXIII).

3.3.4. Recherche d'un intervalle permettant de délimiter 3 niveaux de risque

Parmi tous les sous-échantillons, celui présentant le meilleur pourcentage de lots mal classés (32%) est le MIX. De ce fait, seules les caractéristiques de la répartition des lots après délimitation d'une zone intermédiaire sont présentées dans le Tableau 44. Des propositions pour les autres sous-échantillons sont présentées en Annexe XXIV. Quel que soit le sous-échantillon testé, la même observation est constatée, à savoir que suivant l'intervalle choisi, on privilégie soit le pourcentage de lots à risque moyen sur lesquels on ne se prononce pas, soit le pourcentage de lots mal classés, soit la sensibilité ou la spécificité. En effet, si cet intervalle, centré sur le seuil mis en évidence par la courbe ROC, est diminué, alors le pourcentage de lots présents dans cet intervalle est diminué mais celui de lots mal classés augmente. Au contraire, si cet intervalle est augmenté, les résultats observés sont opposés aux précédents. En ce qui concerne la

sensibilité et la spécificité, celles-ci varient suivant les limites de l'intervalle, et une différence peut être observée malgré des variations modérées des limites de l'intervalle. Pour le sous-échantillon MIX, la zone délimitée par les seuils 52 et 60 semble être un bon compromis.

Tableau 44 : Répartition des lots selon 2 seuils proposés pour le sous-échantillon MIX

Seuils	56	54-58	52-60	50-62	50-60	52-62
% de lots dans la zone d'incertitude	-	13	28	45%	34	34%
% de lots Mal classés	32	28	21	17%	20	19%
Sensibilité	0,75	0,80	0,80	0,80	0,83	0,79
Spécificité	0,59	0,50	0,54	0,50	0,45	0,60

4. DISCUSSION

4.1. Principaux résultats

L'objectif de notre étude, s'inscrivant dans le cadre du projet SANT'Innov, était dans un premier temps de tester l'outil ATLESS afin d'évaluer ses performances prédictives dans l'apparition des BPI et de comprendre ses limites puis, de la déployer sur le terrain. L'intérêt de cette grille est de fournir des éléments objectifs et simplifiés à l'éleveur, et son encadrement (vétérinaires, techniciens) sur la conduite sanitaire à tenir lors de l'allotement de broutards. La grille a été testée sur notre échantillon d'étude de décembre 2014 à mars 2016 selon 2 types d'incidence « absence ou présence d'au moins un JB traité dans le lot » ou « plus ou moins de 15% de JB traités dans le lot ».

La note ATLESS telle qu'elle a été créée par Mugnerot en 2015 était significativement liée à l'apparition des BPI dans tous les sous-échantillons sauf dans celui avec antibioprévention. Cependant le pourcentage de lots mal classés variait de 32 à 50% selon les cas. De ce fait, une note IDEALE a été créée, pour chaque sous-échantillon, en construisant le meilleur modèle qui prenait en compte uniquement les critères statistiquement liés à l'incidence testée. Ainsi, pour les sous-échantillons SANS et MIX, il s'agissait des critères « Nombre d'élevages de provenance dans un même lot », « Age moyen du lot » ainsi que « Taille de l'atelier ». En ce qui concerne le sous-échantillon AVEC, ce sont les critères « Mois de mise en place » et « Taille de l'atelier » qui avaient un poids plus important que les autres dans la survenue des BPI. Le pourcentage de lots mal classés avec la note IDEALE variait de 24 à 36%. Enfin, la nouvelle notation attribuée à la grille ATLESS permettait au mieux, d'avoir un taux d'erreur de 27% mais avec une sensibilité de 0,43.

Plusieurs critères ont présenté un lien avec les lots mal classés selon les différentes notes testées. Il s'agissait, tout sous-échantillon confondu, des critères « GMQ moyen », « Taille de l'atelier », « Nombre de centres de tri fréquentés », « Distance de transport », « Poids moyen du lot », « Pulmatop® à l'arrivée » ainsi que « Quarantaine ». Cependant, après suppression des modalités responsables du mauvais classement, le taux d'erreur était au mieux de 25%.

Sachant que la note ATLESS est constituée de la somme de la note LOT et de la note ELEVAGE, il a été mis en évidence que la note ELEVAGE n'était pas significativement liée à l'apparition des BPI contrairement à la note LOT. De plus, il est apparu que la note LOT permettait d'obtenir un taux d'erreur plus faible tout en ayant une bonne sensibilité et une bonne spécificité.

Enfin, selon la volonté de Ter'élevage, il a été décidé d'établir 3 niveaux de risque d'apparition des BPI. Par exemple, pour le sous-échantillon MIX, la zone moyenne de risque pouvait être délimitée par les notes 52 et 60 et il y avait alors 28% de lots présents dans cette zone et 21% de lots mal classés alors qu'il y avait 32% de lots mal classés pour le seuil de 56. De plus la sensibilité de la grille a été améliorée.

Afin d'évaluer la portée de nos résultats, la qualité des données récoltées ainsi que la méthode statistique utilisée doivent être examinés de façon critique. Une comparaison de nos résultats avec ceux obtenus dans les études précédentes sera réalisée et les applications et perspectives de ce travail envisagées.

4.2. Evaluation critique du matériel et méthode

Le choix des critères et des notes inclus dans la grille s'est basé sur les études ayant identifié et mesuré les risques liés à l'apparition des BPI ainsi que sur les connaissances des experts de Ter'élevage. Au cours de notre étude, nous avons mis en évidence que certains de ces critères n'ont pas été sélectionnés dans le modèle idéal de grille. Cependant, ces critères ont tout de même été conservés car il y avait une volonté de Ter'élevage de mettre en avant certaines pratiques. Cela concerne notamment les critères « Broutard Max » ou « Quarantaine ». En effet, il a été montré dans l'étude de Tresse et al. (2008) que vacciner les JB avant la mise en lot permet de diminuer significativement la morbidité due aux BPI.

Pour certains critères, tous les animaux du lot présentent la même note comme par exemple « Taille du lot », « Nombre d'élevages de provenance », « Age moyen du lot ». Cependant, pour les critères « Nombre de centres de tri fréquentés » et « Distance de transport », c'est la note la plus mauvaise qui est attribuée au lot. De ce fait, si dans un lot, seul un animal présente des valeurs associées à la note la plus basse, la note pour l'ensemble du lot est diminuée et donc, un lot peut être considéré à risque fort à cause d'un seul animal.

La note ELEVAGE présente quelques limites et il faut donc rester prudent sur les résultats qui en découlent. En effet sur les 6 critères décrivant l'élevage, certains sont subjectifs tels que « Ventilation/ambiance du bâtiment », « Vérification des animaux par l'éleveur », ainsi que « Quarantaine ». En effet, ces critères ont été renseignés sur les dires de l'éleveur ou sur les connaissances des techniciens sur la gestion habituelle des élevages. De plus, certains techniciens, travaillant depuis peu chez Ter'élevage ne connaissaient pas forcément tous les élevages. Enfin, il faut noter que cette évaluation a été faite à un moment précis de l'année et que les pratiques de l'éleveur ont pu changer au cours de l'année. De ce fait, les données peuvent être inexactes et il n'est pas impossible que suivant le technicien qui évalue l'élevage ou la période d'évaluation, la note attribuée soit différente. Cependant, aucune différence majeure entre techniciens au regard du classement des lots n'a été mise en évidence.

Le choix de la variable à expliquer représentative de l'incidence de BPI s'est porté sur les traitements antibiotiques administrés aux bovins suite à une BPI dans les 15 jours suivant la mise en place, comme dans l'étude de Mugnerot (2015). Cependant, la notion d'animal atteint de BPI et nécessitant un traitement n'a pas été définie. Dans l'étude de Cernicchiaro et al. (2012), un cas de BPI a été défini par un animal identifié pour la première fois avec des signes cliniques ayant nécessité la mise en place d'un traitement antibiotique. Alors que dans l'étude de Gay et Barnouin (2009), la notion de traitement

antibiotique n'est pas citée dans la définition d'un cas de BPI. Celle-ci est plus complète et correspond à un épisode clinique avec des symptômes respiratoires (jetage, toux, détresse respiratoire), hyperthermie, et atteinte de l'état général avec souvent plusieurs animaux atteints, se développant dans les 7 à 10 jours avec risque de mortalité. Ainsi, dans notre étude, nous ne connaissons pas les critères sur lesquels se basent les éleveurs pour administrer un traitement antibiotique aux JB pour BPI. De ce fait, certains éleveurs vont traiter très précocement et facilement leurs animaux alors que d'autres vont traiter tardivement voire pas du tout. Les incidences de BPI obtenues peuvent alors être sous-estimées ou sur estimées suivant les élevages. Cependant, ce choix de variable s'explique essentiellement car les données traitements sont faciles à récupérer, d'autant plus que l'étude est rétrospective et que sa durée s'inscrit sur une période antérieure au stage. De plus, il s'agit d'une variable d'intérêt dans le contexte actuel de réduction des antibiotiques.

Etant donné que les données récupérées sont nombreuses et étalées sur une large période, il est arrivé que des informations soient demandées sur des lots livrés plusieurs mois auparavant. Dans l'étude de Sanderson et al. (2008), les animaux étaient suivis quotidiennement afin de détecter les malades et les morts permettant ainsi de s'assurer d'une meilleure fiabilité de l'incidence de BPI. De même, dans l'étude de Velly (2007), les données étaient enregistrées sur une fiche de suivi sanitaire sur laquelle l'évaluation de la maladie était répertoriée selon les signes cliniques observés et cette fiche a servi de base pour le calcul de l'incidence. Cela n'a pas toujours été le cas dans notre étude. De plus, étant donné que près de la moitié des données récoltées (41%) ont été obtenues suite à des relances téléphoniques, il y avait un déséquilibre des réponses entre les « lots sans traitement » et les « lots avec traitement ». En effet, il était plus facile pour les éleveurs de m'indiquer s'il n'y avait pas eu d'animal traité dans le lot alors que si des BPI étaient apparues dans le lot, l'éleveur devait rechercher les informations dans le carnet sanitaire si elles étaient répertoriées pour m'indiquer le nombre de bovins malades et cela était rarement fait, faute de temps ou d'implication dans l'étude. L'incidence observée est de ce fait peut être sous-estimée.

Notre échantillon d'étude comportait 7304 JB répartis dans 331 lots et dans 134 élevages mis en place entre décembre 2014 et mars 2016. Ces données étaient suffisantes dans le sens où elles ont été récupérées sur une période supérieure à une année et il y avait un nombre de lot et d'animaux suffisant pour observer des effets significatifs sur un certain nombre de critères. Cependant, elles étaient insuffisantes pour représenter l'ensemble des modalités de chaque critère. En effet, les modalités « Tout le lot est Broutard Max », « Aucune transition alimentaire » ainsi que « Très mauvaise ventilation/ambiance du bâtiment » présentaient des effectifs trop faibles (<5), de ce fait, les tests statistiques (notamment Khi deux) ne sont pas applicables. Des modifications des modalités ont été apportées afin de palier à ce problème sauf si Ter'Elevage souhaitait conserver cette modalité pour son intérêt.

Etant donné que près de 63 % des 331 lots ont été traités aux antibiotiques en préventif à l'allotement, il était nécessaire d'étudier la grille en travaillant avec plusieurs sous-échantillons d'étude car l'incidence de BPI et le niveau de risque des lots diffèrent selon

que les lots aient ou non reçu un traitement antibiotique à la mise en lot. Cependant chaque sous-échantillon présente ses limites. En effet, dans le sous-échantillon SANS (regroupant les 123 lots n'ayant pas reçu d'antibioprévention à la mise en lot), l'incidence de BPI reflète le nombre de JB réellement traités pour BPI mais cette incidence est sans-doute sous-estimée étant donné que les lots qui n'ont pas reçu d'antibioprévention à l'allotement, sont sans doute moins à risque que les autres et donc la probabilité d'avoir des BPI est moindre. Dans ce cas, on peut supposer que l'étude de la grille s'est basée sur une population étant peu à risque de BPI. En effet, il a été observé que les notes de risque ATLESS sont plus faibles pour ce sous-échantillon. De ce fait, la grille a également été testée sur le sous-échantillon AVEC (regroupant les 208 lots ayant reçus une antibioprévention à la mise en lot). Dans cette population, la prévention antibiotique a diminué le nombre de cas d'où le fait que seule l'incidence absence ou présence d'au moins un JB traité a été étudiée. Cependant, on peut supposer que connaissant le coût de l'antibioprévention (en moyenne 15€ par JB), celle-ci est réalisée uniquement sur les lots les plus à risque. De ce fait, il peut être supposé qu'avec ce sous-échantillon, la grille a été étudiée sur une population à risque. En effet, les notes de risque ATLESS sont plus élevées dans ce sous-échantillon. Afin de trouver le meilleur compromis pour étudier la grille sur une population regroupant des lots peu à risque et des lots vraiment à risque, c'est-à-dire une population proche de la population cible, il a été décidé de travailler avec le sous-échantillon MIX regroupant les lots sans antibioprévention et ceux avec antibioprévention mais dans lesquels des cas sont apparus.

Afin d'obtenir les meilleures capacités prédictives d'un modèle, il est nécessaire que les données récoltées soient nombreuses et fiables (Babcock et al. 2013). Cependant, celles issues des logiciels internes à Ter'élevage ont pu contenir des erreurs (date de naissance ou poids par exemple) mais il était impossible de les identifier ou de les quantifier. Afin de palier à cela, il a été décidé de ne travailler qu'avec des animaux âgés de plus de 120 jours.

4.3. Liens avec les connaissances antérieures

Dans notre étude, le taux d'incidence pour BPI varie entre 4 et 10% selon le sous-échantillon. L'incidence de BPI varie considérablement selon les études. En effet, d'après Snowden (2006), elle peut varier de 4,6 à 44% selon les années, Kirkpatrick et al. (2008) ont montré qu'elle est de 25% et Hay et al. (2016) de 17%. Ces valeurs sont supérieures à celles qui ont été obtenues pour notre échantillon, cependant nos résultats vont dans le même sens que ceux obtenus dans l'étude de Sanderson et al. (2008) où l'incidence est de 5,9% et elle est de 10% dans l'étude de (Gay et Barnouin 2009). De plus, le sous-échantillon MIX, compromis entre les 2 autres sous-échantillons, présente 58% des lots avec au moins un JB traités pour BPI ce qui est en accord avec les 56 % de lots présentant au moins un JB traité dans l'étude de Assié et al. (2008). Ainsi nous retrouvons des valeurs semblables aux autres études et de ce fait, les incidences ne sont peut-être pas autant sous-estimées comme cela a pu être suggéré dans la partie précédente sauf peut-être pour les lots avec antibioprévention où l'incidence individuelle est de 4% et il y a 23% de lots avec au moins un JB traité.

Les critères « Nombre d'élevages de provenance dans un lot », « Age moyen du lot », « Mois de mise en place », « Distance de transport », « Taille du lot », « Taille de l'atelier », « Pulmatop® à l'arrivée » ont montré un lien significatif avec l'apparition des BPI confortant bien le fait que ce sont des facteurs de risque des BPI comme cela a pu être montré dans de nombreuses études (Ribble et al. 1995 ; Assié et al. 2006 ; Velly 2007 ; Gay et Barnouin 2009).

Il ressort de notre étude que les animaux de plus de 280 jours ont un risque d'avoir une BPI qui est diminué (OR = 0,29), cela est concordant avec les résultats de Velly (2007) où le risque est 2 fois plus élevé chez les animaux de moins de 270 jours. De plus, les animaux d'un même lot provenant du même élevage présentent environ 10 fois moins de risque de contracter une BPI (OR = 0,1) que les autres, alors que ceux provenant d'au moins 6 élevages ont 8 fois plus de risque d'avoir une BPI (Velly 2007). Enfin, les JB engrainés dans des ateliers inférieurs à 80 bovins, ont moins de risque d'avoir une BPI (OR = 0,16), ces résultats vont dans le même sens que ceux de Gay et Barnouin (2009) où le risque est augmenté dès que la taille de l'atelier dépasse 50 JB (OR=1,34). Enfin, dans notre étude, il a été mis en évidence pour les lots ayant eu une antibioprévention que les mois d'été (mai-août) étaient plus à risque que les mois de septembre et octobre. Cela est également observé dans l'étude de Hay et al. (2016) où le risque de BPI est le plus important en été (OR=2,1) alors qu'il est plus faible en automne (OR = 2,1) et en hiver (OR=1,8). Cependant, Assié et al (2006) et Velly (2007) ont montré que le risque est augmenté en septembre et octobre. Enfin, la période la plus à risque pour notre échantillon est l'hiver et cela est concordant avec l'étude de Ribble et al. (1995) où le risque est plus important en novembre qu'en septembre.

La note ELEVAGE n'était pas significativement liée à l'incidence de BPI tout comme dans la thèse de Mugnerot (2015) et de plus, elle était responsable d'un plus mauvais pourcentage de lots mal classés contrairement à la note LOT. La subjectivité des critères de la note ELEVAGE pourrait expliquer cette observation en raison d'une notation qui peut être différente selon les techniciens bien qu'aucune différence n'ait réellement été identifiée.

Certaines modalités ont présenté un lien significatif avec les lots mal classés comme par exemple la taille de l'atelier inférieure à 80 JB. Nous pouvons penser que ce sont des ateliers visités moins souvent par les techniciens et qui sont donc moins bien connus. Par conséquent tous les critères d'élevage ne seraient pas nécessairement bien notés et un mauvais classement pourrait en résulter. Cependant en supprimant les lots présentant cette modalité, le pourcentage de lots mal classés n'est pas amélioré, suggérant ainsi que l'effet de cette modalité sur le classement est négligeable. Il en est de même pour les 5 autres modalités « GMQ moyen inférieur à 1 kg/j », « Au moins 2 centres de tri fréquentés », « Poids moyen inférieur à 270 kg », « Distance de transport supérieur à 400 km », « Pas de Pulmatop® à l'arrivée » ainsi que « Pas de quarantaine » qui semblent avoir un effet sur le mauvais classement. En effet, malgré la suppression des lots présentant ces modalités, le pourcentage de lots mal classés est au mieux de

25% suggérant que ces modalités ne sont finalement pas vraiment impliquées dans le mauvais classement des lots.

Avec l'ensemble des résultats obtenus dans cette étude, notamment en terme de classement des lots selon la note ATLESS, la note IDEALE ou la note NOUVELLE en fonction des différents niveaux de sécurité, nous constatons que le pourcentage de lots mal classés est au mieux de 24%. Cela semble aller dans le même sens que les résultats d'une étude menée au Canada qui a utilisé pour la première fois des données collectées dans des feedlots pour évaluer la prédiction du risque cumulatif de morbidité associé aux BPI. En moyenne, 70% des lots étaient correctement classés au bout de 30 jours d'engraissement (Babcock, 2013). De ce fait, malgré un taux d'erreur relativement élevé, on constate que la grille ATLESS actuelle fournit des informations semblables à ce qui a pu être observé au Canada. La grille actuelle ne peut pas tout expliquer car de nombreux facteurs de risque identifiés dans les études, actuellement non quantifiables ou maîtrisables en routine, ne sont pas inclus dans les critères. Il faudrait notamment pouvoir associer à la grille une connaissance des agents pathogènes en disposant d'outils de diagnostic précoce de ces agents. De plus, d'autres facteurs ont été mis en évidence comme jouant un rôle important dans l'apparition des BPI comme par exemple la météo (Cusack et al. 2007), la prise colostrale (Wittum et Perino 1995), les maladies contractées avant sevrage (Bach et al. 2011) ou encore les pratiques au sevrage (Hay et al. 2016). Nous pouvons ainsi nous demander si ce taux d'erreur ne serait pas lié à ce manque de données et quel serait l'impact de l'inclusion de ces facteurs de risque dans la grille sur sa puissance prédictive. Néanmoins, pouvoir classer correctement près de 70 % des lots à partir de certains facteurs de risque est très prometteur.

Actuellement, cette grille d'évaluation du niveau de sécurité vis-à-vis des BPI est la première en France à avoir été créée, testée et déployée sur le terrain. La grille créée par Compiani (2013) n'a pas encore été testée et il n'existe pas à notre connaissance d'autres grilles de ce type. De ce fait, il n'est pas possible aujourd'hui de confronter nos résultats sur la puissance prédictive de la grille à la littérature.

4.4. Implications et perspectives de travail

4.4.1. Application

Notre étude a mis en évidence que la grille ATLESS permettait de classer correctement près de 70 % des lots suivant leur niveau de sécurité vis-à-vis des BPI à l'entrée en engraissement. Le pourcentage de lots mal classés, le pourcentage de lots étant prédit à faible niveau de sécurité et qui ont réellement été malades ainsi que le pourcentage de lots prédit à niveau de sécurité élevée et n'étant pas tombé malades peuvent être modulés suivant le seuil choisi. L'utilisation d'un intervalle avec un niveau de sécurité moyen permet de contourner ce problème en acceptant un certain pourcentage d'incertitude en plus du pourcentage d'erreurs. Le choix du seuil dépend de l'objectif visé par Ter'élevage.

4.4.2. Prolongements et perspectives

De nombreuses améliorations ont été apportées depuis l'étude de Mugnerot (2015). Tout d'abord, Ter'élevage a développé un module informatique permettant de calculer la note de sécurité du lot au moment de son passage au centre de tri, cela a notamment permis d'améliorer la précision de l'évaluation du critère « Distance de transport » qui est aujourd'hui calculée à partir de l'adresse du site fournisseur jusqu'à l'adresse du naisseur en prenant en compte le passage par le ou les centres de tri fréquentés par les bovins. De plus, par rapport à l'étude de Mugnerot (2015), l'augmentation de la taille de l'échantillon et de la durée de l'étude a permis de tester des critères non évalués auparavant. C'est le cas des différents mois de l'année ou de la modalité « Passage par un centre de tri ». Cependant, il faut noter que certaines modalités n'ont toujours pas pu être testées comme le critère « Broutard max ».

Dans notre échantillon d'étude, ce sont principalement les critères « Nombre d'élevage de provenance du lot », « Age moyen du lot », « Taille de l'atelier » ainsi que « Mois de mise en place » qui sont ressortis dans les modèles idéaux. De ce fait la notation qui leur est associée pourrait être modifiée. De plus, des modifications de bornes ont été effectuées pour les critères « Age moyen » et « Nombre d'élevage de provenance » pour la création de la note IDEALE, de ce fait, les mêmes modifications pourraient être apportées dans la grille ATLESS actuelle.

Il serait intéressant d'accorder plus de précisions dans la récolte des données relatives à l'incidence des BPI. En effet, il faudrait pour les études ultérieures, définir avec les éleveurs la notion d'animal malade et ne pas baser uniquement la définition d'un cas de BPI sur le traitement administré mais aussi sur la présence de signes cliniques. Il faudrait également essayer d'insister plus sur la récolte des données auprès des éleveurs qui ont réalisé des traitements afin de ne pas sous-estimer l'incidence. De plus, étant donné que l'incidence de BPI varie au cours des années (Ribble et al. 1995) et que l'évaluation de la grille est basée sur cette incidence, il serait intéressant de réévaluer cette grille afin d'ajuster au mieux les notes.

Il serait intéressant d'ajouter d'autres critères tels que le diagnostic précoce d'agents pathogènes ainsi que des critères liés à l'élevage naisseur tels que la qualité du colostrum, les antécédents de maladies, les conditions du sevrage. Un enregistrement de ces données permettrait à l'avenir d'améliorer la capacité prédictive de la grille.

A plus long terme, l'objectif du projet est d'amener l'ensemble des acteurs vers une amélioration des pratiques sanitaires et une baisse de l'usage des antibiotiques. Cependant, l'organisation actuelle dans les centres de tri doit être amenée à modification afin d'utiliser cet outil de façon optimale.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'évaluer et de comprendre les limites d'une grille de prédiction du niveau de sécurité des lots de JB vis-à-vis des BPI à l'entrée en engraissement puis de la déployer dans les centres de tri de Ter'élevage. A terme, le but est d'améliorer les pratiques sanitaires à l'allotement, notamment en diminuant l'antibioprévention.

La grille est construite à partir de critères décrivant des caractéristiques liés aux lots et à l'atelier d'engraissement. La note ATLESS telle qu'elle avait été créée par Mugnerot (2015) a été testée et d'autres notes ont été créées afin d'obtenir une meilleure puissance prédictive. Parmi ces notes, une note IDEALE a été créée, basée sur les critères statistiquement liés à l'apparition des BPI, il s'agit du « Nombre d'élevages de provenance dans un même lot », de l'« Age moyen du lot », de la « Taille de l'atelier » ainsi que du « Mois de mise en place ». Cependant, avec l'ensemble de ces notes, nous obtenons au mieux, entre 25 et 30% de lots mal classés et ce, même en ne prenant pas en compte les lots présentant des critères liés au mauvais classement. Selon la volonté de Ter'élevage et afin de diminuer ce taux d'erreur, une zone a été créée avec un niveau de sécurité moyen pour laquelle on ne se prononce pas, quant au risque pour les animaux d'un lot d'avoir une BPI. De ce fait, en ayant des lots dans cette zone d'incertitude, le pourcentage de lots mal classés diminue et de plus, la sensibilité, c'est à dire la prédiction d'un niveau de sécurité faible chez des animaux atteints de BPI, est améliorée. Néanmoins, cette grille permet de classer correctement près de 70 % des lots et ce, uniquement sur la base de certains facteurs de risque. Ces résultats sont donc très prometteurs quant à l'amélioration de la grille.

La récolte des données sur laquelle s'est basée l'étude peut être améliorée notamment en définissant clairement avec l'éleveur ce qu'est un cas de BPI. En effet, avoir des données plus fiables permettrait d'améliorer la capacité prédictive du modèle. Cependant, il est important de noter qu'avec les critères actuellement présents dans la grille, il est possible de ne pas pouvoir mieux prédire les BPI. Ajouter des critères relatifs à l'historique de l'animal chez le naisseur et y associer un diagnostic précoce des agents pathogènes responsables des BPI pourraient améliorer la puissance de la grille.

Actuellement, il n'existe aucun outil permettant de fournir des éléments objectifs sur la conduite sanitaire à tenir lors de l'allotement des brouards. La grille ATLESS est la première grille de ce genre à avoir été testée et déployée sur le terrain. Cet outil a été mis en service à l'automne 2016 dans les différents centres de tri de Ter'élevage. Une note de sécurité est calculée pour chaque lot et cela fournit, dans un premier temps, un support didactique pour les éleveurs et les différents acteurs de Ter'élevage (techniciens, commerciaux, vétérinaires) afin de leur faire prendre conscience que l'antibioprévention ne doit pas être systématique. Il existe donc aujourd'hui des solutions pour diminuer la consommation d'antibiotique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Assié S., Bareille N., Seegers H.** (2006). Situation sanitaire des jeunes bovins mis en lot en Pays de Loire. *Journée Nantaise bovine*, 4 octobre 2006.
- Assié S., Bareille N., Quillet J.M., Seegers H.** (2008). Etiologie des troubles respiratoires des jeunes bovins. *Journée Nationale des GTV*, 381-385.
- Assié S., Douart A.** (2013). Affections respiratoires des bovins. *Polycopié d'enseignement Oniris*, UV 93,21-22, 75p.
- Assie S., Seegers H., Makoschey B., Desire-Bousquie L., Bareille N.** (2009). Exposure to pathogens and incidence of respiratory disease in young bulls on their arrival at fattening operations in France. *Veterinary Record: Journal of the British Veterinary Association* 165 (7), 195-199.
- Babcock A.H., White B.J., Renter D.G., Dubnicka S.R., Scott H.M.** (2013). Predicting cumulative risk of bovine respiratory disease complex (BRDC) using feedlot arrival data and daily morbidity and mortality counts. *Canadian Journal of Veterinary Research* 77 (1), 33-44.
- Bach A., Tejero C., Ahedo J.** (2011). Effects of Group Composition on the Incidence of Respiratory Afflictions in Group-Housed Calves after Weaning. *Journal of Dairy Science* 94 (4), 2001-2006.
- Bareille N., Seegers H., Quillet J.M., Assié S.** (2008). Impact of respiratory disorders in young bulls during their fattening period on performance and profitabilité. 25. World Buiatrics Congress, Budapest
- Bareille N., Magras C.** (2016). Croissance et production de viande bovine, *Polycopié d'enseignement Oniris*, UVN92 Ruminants 2, 18, 53p.
- Berge A.C., Besser T.E., Moore D.A., Sisco W.M.** (2009). Evaluation of the effects of oral colostrum supplementation during the first fourteen days on the health and performance of preweaned calves. *Journal of Dairy Science* 92, 286-295.
- Bonne G.** (2007). « Incidence des troubles de santé dans les lots de jeunes bovins en Pays de la Loire. Thèse de doctorat vétérinaire. Nantes : ENVN, 102 p.
- Buckham Sporer K.R., Weber P.S.D., Burton J.L., Earley B., Crowe M.A.** (2008). Transportation of Young Beef Bulls Alters Circulating Physiological Parameters That May Be Effective Biomarkers of Stress. *Journal of Animal Science* 86 (6), 1325-1334.
- Callan R.J., Garry F.B.** (2002). Biosecurity and bovine respiratory disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 18 (1), 57-77.
- Campbell J.R.** (2004). Effect of Bovine Viral Diarrhea Virus in the Feedlot. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 20 (1), 39-50.
- Cernicchiaro, N., Renter D.G., White B.J., Babcock A.H., Fox J.T.** (2012). Associations

between Weather Conditions during the First 45 Days after Feedlot Arrival and Daily Respiratory Disease Risks in Autumn-Placed Feeder Cattle in the United States. *Journal of Animal Science* 90 (4), 1328-37.

Cernicchiaro N., White B.J., Renter D.G., Babcock A.H., Kelly L., Slattery R. (2012). Associations between the Distance Traveled from Sale Barns to Commercial Feedlots in the United States and Overall Performance, Risk of Respiratory Disease, and Cumulative Mortality in Feeder Cattle during 1997 to 2009. *Journal of Animal Science* 90 (6), 1929-1939.

Chabalgoity S. (2012). Caractéristiques de la circulation du virus BVD en centre d'engraissement de jeunes bovins de race Blonde d'Aquitaine du Sud-Ouest de la France. Thèse de doctorat vétérinaire. Toulouse : ENVT, 87p.

Cole N.A., Camp T.H., Rowe L.D., Stevens D.G., Hutcheson D.P. (1988). Effect of transport of feeder calves. *American Journal of Veterinary Research* 49 (2), 178-183.

Compiani R. (2013). Strategies to optimize the productive performance of beef cattle. Thèse universitaire. Université de Milan. 139 p.

Créton F. (1991). Epidémiologie des bronchopneumonies infectieuses enzootiques des broutards à l'engrassissement : étude en Aveyron. Thèse de doctorat vétérinaire. Toulouse : ENVT, 119p.

Cusack P.M.V., McMeniman N., Lean I.J. (2003). The medicine and epidemiology of bovine respiratory disease in feedlots. *Australian veterinary journal* 81 (8), 480-487.

Cusack P.M.V., McMeniman N., Lean I.J. (2007). Feedlot Entry Characteristics and Climate: Their Relationship with Cattle Growth Rate, Bovine Respiratory Disease and Mortality. *Australian Veterinary Journal* 85 (8), 311-316.

Dewell R.D., Hungerford L.L., Keen J.E., Laegreid W.W., Griffin D.D., Rupp G.P., Grotelueschen D.M. (2006). Association of neonatal serum immunoglobulin G1 concentration with health and performance in beef calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 228 (6), 914-21.

Dohoo I., Martin W., Stryhn H. (2010). *Veterinary Epidemiologic Research*. 2^e édition. Canada : VER Inc., 865p.

Duff G.C., Galyean M.L. (2006). Board-invited review : Recent Advances in Management of Highly Stressed, Newly Received Feedlot Cattle. *Journal of Animal Science* 85 (3), 823-40.

Edwards T.A. (2010). Control Methods for Bovine Respiratory Disease for Feedlot Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26 (2), 273-84.

España P.P., Capelastegui A., Gorordo I., Esteban C., Oribe M., Ortega M., Bilbao A., Quintana J.M. (2006). Development and validation of a clinical prediction rule for severe community-acquired pneumonia. *American journal of respiratory and critical care*

medicine 174 (11), 1249-1256.

Faber R., Hartwig N., Busby D., BreDahl R. (2000). The costs and predictive factors of bovine respiratory disease in standardized steer tests . Beef Research Report, paper 24.

Galyean, M.L., Perino L.J., Duff G.C. (1999). Interaction of cattle health/immunity and nutrition. *Journal of Animal Science* 77 (5), 1120-1134.

Gauthier N. (1988). Facteurs de risque de la pathologie respiratoire des jeunes bovins en lots mis en vidence par une enquête écopathologique. Congrès de la Société Française de Buiatrie, Paris, 31-35.

Gauthier E. (2013). Evaluation du risque de maladie: conception d'un processus et d'un système d'information permettant la construction d'un score de risque adapté au contexte, application au cancer du sein. Thèse de Doctorat. Université de Bretagne-Sud. 210 p.

Gay E., Barnouin J. (2009). A Nation-Wide Epidemiological Study of Acute Bovine Respiratory Disease in France . *Preventive Veterinary Medicine* 89 (3-4), 265-271.

Hay K.E., Barnes T.S., Morton J.M., Clements A.C.A., Mahony T.J. (2014). Risk Factors for Bovine Respiratory Disease in Australian Feedlot Cattle : Use of a Causal Diagram-Informed Approach to Estimate Effects of Animal Mixing and Movements before Feedlot Entry. *Preventive Veterinary Medicine* 117 (1), 160-169.

Hay K.E., Ambrose R.C.K., Morton J.M., Horwood P.F., Gravel J.L., Waldron S., Commins M.A., Fowler E.V., Clements A.C.A, Barnes T.S., Mahony T.J. (2016). Effects of Exposure to Bovine Viral Diarrhoea Virus 1 on Risk of Bovine Respiratory Disease in Australian Feedlot Cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 126, 159-169.

Hay K.E., Morton J.M., Clements A.C.A., Mahony T.J., Barnes T.S. (2016). Associations between Feedlot Management Practices and Bovine Respiratory Disease in Australian Feedlot Cattle . *Preventive Veterinary Medicine* 128, 23-32.

Hay K.E., Morton J.M., Mahony T.J., Clements A.C.A., Barnes T.S. (2016). Associations between Animal Characteristic and Environmental Risk Factors and Bovine Respiratory Disease in Australian Feedlot Cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 125, 66-74.

Hay K.E., Morton J.M., Schibrowski M.L., Clements A.C.A., Mahony T.J., Barnes T.S. (2016). Associations between Prior Management of Cattle and Risk of Bovine Respiratory Disease in Feedlot Cattle . *Preventive Veterinary Medicine* 127, 37-43.

Kirkpatrick J.G., Step D.L., Payton M.E., Richards J.B., McTague L.F., Saliki J.T., Confer A.W., Cook B.J., Ingram S.H., Wright J.C. (2008). Effect of age at the time of vaccination on antibody titers and feedlot performance in beef calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 233 (1), 136-142.

Laboissiere B. (2006). Validation statistique des grilles 4A Vet d'évaluation de la douleur post- opératoire chez le chien et le chat. Thèse de doctorat vétérinaire. Nantes : ENVN, 246p.

Lechtenberg K., Smith R.A., Stokka G.L. (1998). Feedlot health and management. *Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice* 14 (2), 177-197.

Loneragan G.H., Thomson D.U., Montgomery D.L., Mason G.L., Larson R.L. (2005). Prevalence, outcome, and health consequences associated with persistent infection with bovine viral diarrhoea virus in feedlot cattle prevalence, outcome, and health consequence with bvd. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 226 (4), 595-601.

Losinger W.C., Heinrichs A.J. (1996). Management variables associated with high mortality rates attributable to respiratory tract problems in female calves prior to weaning. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 209 (10): 1756-1759.

Macartney J.E., Bateman K.G., Ribble C.S. (2003). Health performance of feeder calves sold at conventional auctions versus special auctions of vaccinated or conditioned calves in Ontario. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 223 (5), 677-683.

Makarechian M., et H.-M. Kubisch. (1988). The effect of age at weaning on the health status of bull calves in a feedlot. *The Canadian Veterinary Journal* 29 (10), 815-817.

Malher X. (2015). Logement général des animaux d'élevage. *Polycopié d'enseignement Oniris*, UV N52, 35p.

Martin S.W., Bohac J.G. (1986). The association between serological titers in infectious bovine rhinotracheitis virus, bovine virus diarrhoea virus, parainfluenza-3 virus, respiratory syncytial virus and treatment for respiratory disease in Ontario feedlot calves. *Canadian Journal of Veterinary Research* 50 (3), 351-358.

Mounier L., Boissy A., Veissier I. (2005). Bien être et production de taurillons issus de races allaitantes : impact du réallotement et de la spécialisation de l'éleveur en engraissement. *Journée Nantaise bovine*, 6 octobre 2015, 75-83.

Muggli-Cockett N.E., Cundiff L.V., Gregory K.E. (1992). Genetic analysis of bovine respiratory disease in beef calves during the first year of life. *Journal of animal science* 70 (7), 2013-2019.

Neibergs H., Zanella R., Casas E., Snowden G.D., Wenz J., Neibergs J.S, Moore D. (2011). Loci on Bos Taurus Chromosome 2 and Bos Taurus Chromosome 26 Are Linked with Bovine Respiratory Disease and Associated with Persistent Infection of Bovine Viral Diarrhoea Virus. *Journal of Animal Science* 89 (4), 907-915.

Nicholas R.A.J., Ayling R.D. Mycoplasma bovis : disease, diagnostic and control. *Research in veterinary science* 74 (2) 105-112.

Norström M., Skjerve E., Jarp J. (2000). Risk factors for epidemic respiratory disease in Norwegian cattle herds ». *Preventive veterinary medicine* 44 (1), 87-96.

Pardon B., Alliët J., Boone R., Roelandt S., Valgaeren B., Deprez P. (2015). Prediction

of Respiratory Disease and Diarrhea in Veal Calves Based on Immunoglobulin Levels and the Serostatus for Respiratory Pathogens Measured at Arrival. *Preventive Veterinary Medicine* 120 (2): 169-176.

Perneger T., Perrier A. (2004). Analyse d'un test diagnostique : courbe ROC, ou « receiver operating characteristic ». *Revue des maladies respiratoires* 21 (2), 398-401

Raboisson D., Chabalgoïty S., Pons G., Lemarchand F., Schelcher F. (2013). Prévalence des infections par le BVD en atelier d'engraissement. *Le Nouveau Praticien Vétérinaire* 6 (24), 37-41.

Ribble C.S., Meek A.H., Janzen E.D., Guichon P.T., Jim G.K. (1995). Effect of time of year, weather, and the pattern of auction market sales on fatal fibrinous pneumonia (shipping fever) in calves in a large feedlot in Alberta (1985-1988). *Canadian Journal of Veterinary Research* 59 (3), 167-172.

Ribble C.S., Meek A.H., Shewen P.E., Guichon P.T., Jim G.K. (1995). Effect of pretransit mixing on fatal fibrinous pneumonia in calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 207 (5), 616-619.

Ribble C.S., Meek A.H., Shewen P.E., Jim G.K., Guichon P.T. (1995). Effect of transportation on fatal fibrinous pneumonia and shrinkage in calves arriving at a large feedlot. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 207 (5), 612-615.

Ridpath J. (2010). The Contribution of Infections with Bovine Viral Diarrhea Viruses to Bovine Respiratory Disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26 (2), 335-348.

Sanderson M.W., Dargatz D.A., Wagner B.A. (2008). Risk factors for initial respiratory disease in United States' feedlots based on producer-collected daily morbidity counts. *Canadian Veterinary Journal* 49 (4) 373-378.

Smith R.A. (1998). Impact of disease on feedlot performance: a review. *Journal of Animal Science* 76 (1), 272-274.

Snowder G.D. (2006). Bovine Respiratory Disease in Feedlot Cattle: Environmental, Genetic, and Economic Factors. *Journal of Animal Science* 84 (8), 1999-2008.

Snowder G.D., Van Vleck L.D., Cundiff L.V., Bennett G.L. (2005). Influence of breed, heterozygosity, and disease incidence on estimates of variance components of respiratory disease in preweaned beef calves. *Journal of animal science* 83 (6), 1247-1261.

Stanger K.J., Ketheesan N., Parker A.J., Coleman C.J., Lazzaroni S.M., Fitzpatrick L.A. (2005). The effect of transportation on the immune status of steers. *Journal of animal science* 83 (11), 2632-2636.

- Step D.L., Krehbiel C.R., DePra H.A., Cranston J.J., Fulton R.W., Kirkpatrick J.G., Gill D.R., Payton M.E., Montelongo M.A., Confer A.W.** (2008). Effects of Commingling Beef Calves from Different Sources and Weaning Protocols during a Forty-Two-Day Receiving Period on Performance and Bovine Respiratory Disease . *Journal of Animal Science* 86 (11), 3146-3158.
- Stokka G.L.** (2010). Prevention of Respiratory Disease in Cow/Calf Operations. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26 (2), 229-241.
- Sweiger S.H., Nichols M.D.** (2010). Control Methods for Bovine Respiratory Disease in Stocker Cattle . *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26 (2), 261-271.
- Taylor J.D., Fulton R.W., Lehenbauer T.W., Step D.L., Confer A.W.** (2010). The epidemiology of bovine respiratory disease: What is the evidence for predisposing factors? *Canadian Veterinary Journal* 51, 1095-1102.
- Thomson D.U., White B.J.** (2006). Backgrounding Beef Cattle. *Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice* 22 (2), 373-98.
- Toma B., Dufour B., Bénet J.J., Sanaa M., Shaw A., Moutou F.** (2010). Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures . 3^{ème} édition. Maisons-Alfort : AEEMA, 600p.
- Tresse C., Risson K., Bendailh F., Oliviero L.** (2008). Comparaison de différents protocoles vaccinaux contre les troubles respiratoires des bovins en atelier d'engraissement. *Journées nationales GTV*, 423-424.
- Urban-Chmiel R., Grooms D.L.** (2012). Prevention and control of bovine respiratory disease. *Journal of Livestock Science* 3, 27-36.
- Van der Fels-Klerx H.J., Horst H.S., Dijkhuizen A.A.** (2000). Risk factors for bovine respiratory disease in dairy youngstock in The Netherlands: the perception of experts. *Livestock Production Science* 66 (1), 35-46.
- Velly C.** (2007). Facteurs de risque des troubles respiratoires en début d'engraissement chez les jeunes bovins en Pays de la Loire. Thèse de doctorat vétérinaire. Nantes : ENVN, 148p.
- Wilson P.W.F., D'Agostino R.B., Levy D., Belanger A.M., Silbershatz H., Kannel W.B.** (1998). Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation* 97 (18), 1837-1847.
- Wilson S.H., Church T.L., Acres S.D.** (1985). The influence of feedlot management on an outbreak of bovine respiratory disease. *The Canadian Veterinary Journal* 26 (11), 335-341.
- Wittum T.E., Perino L.J.** (1995). Passive immune status of postpartum hour 24 and long-term health and performance of calves. *American Journal of Veterinary Research* 56 (9), 1149-1154.

White B.J., Hanzlicek G., Sanderson M.W., Anderson D.E., Larson R.L. (2010). Mollicutes species and Mycoplasma bovis prevalence and association with health outcomes in beef feeder calves at arrival and initial treatment for bovine respiratory disease. *Canadian Veterinary Journal* 51 (9), 1016-1018.

Site internet

RAKATOMALALA R. Université Lumière Lyon 2. Grille de score, Construction à partir d'une régression logistique. http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/slides/grille_de_score.pdf. Consulté le 27 septembre 2016

ANNEXES

Annexe I : Lettre d'information aux éleveurs sur le cadre de l'étude et la démarche à suivre



Dans le cadre d'une thèse vétérinaire sur les maladies respiratoires bovines (suite de la thèse vétérinaire réalisée en 2014-2015 par Océane Mugnerot), nous avons besoin de connaître les animaux traités aux antibiotiques à l'issue de la livraison des lots.

L'objectif de ce travail est l'élaboration d'un outil pour une meilleure utilisation des antibiotiques lors de la mise en lot.

Nous vous sollicitons à nouveau car nous avons besoin de plus de données afin de valider cet outil.

Vous trouverez ci-joint un deuxième bordereau de livraison :

- **Cochez** sur celui-ci les jeunes bovins **traités aux antibiotiques pour cause de maladies respiratoires** dans les **15 jours** suivant leur arrivée chez vous.

- Retournez ce bordereau coché à l'issue des 15 jours, de la façon suivante

Par le biais de votre technicien ou commercial Ter'élevage

Par mail : jhengel@terrena.fr

Voire par fax : 02.40.98.96.94

En vous remerciant d'avance pour votre participation à cette étude

Annexe II : Présentation du module ATLESS dans GICAB

Expédition n° 225 682 Date : 09/06/2016 Heure : 08:14										1. Diagnostic d'exploitation										11											
État : Centre										2. Nombre de centre de tri										0											
Client : [REDACTED]										3. Mois de mise en place										10											
Destination : [REDACTED]										4. Transport										0											
Adresse : [REDACTED]										5. Poids Moyen										3											
Structure : TERRENA										6. Taille du lot										3											
Centre : Blanchardière										7. Nombre d'élevages de provenance dans un lot										0											
Commercial : [REDACTED]										8. Broulard Max vaccinés										0											
										9. GMQ avant sevrage										4											
										10. Age moyen à la date de mise en place										0											
										Total :										31											
										Calculer la note																					
Lot	Ibg	Trav	Dat	Type	Acq	S	Rc	Aps Vif	Fournisseur	1. Diagnostic d'exploitation		2. Nombre de centre de tri		3. Mois de mise en place		4. Transport		5. Poids Moyen		6. Taille du lot		7. Nombre d'élevages de		8. Broulard Max vaccinés		9. GMQ avant sevrage		10. Age moyen à la date de mise			
										Valeur	Note	Valeur	Note	Valeur	Note	Valeur	Note	Valeur	Note	Valeur	Note	Valeur	Note	Valeur	Note	Valeur	Note	Valeur	Note		
2	1713577387	7387	Mg	Broulard	Tête	M	38	208	[REDACTED]	11	2	0	6	10	507	0	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0	
2	4921733756	3756	Mg	Broulard	Tête	M	38	284	[REDACTED]	11	2	0	6	10	143	10	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
2	4992890298	0298	Mg	Broulard	Tête	M	38	287	[REDACTED]	11	2	0	6	10	80	10	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
1	1734293040	3040	Mg	Broulard	Tête	M	38	311	[REDACTED]	11	2	0	6	10	469	0	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
1	1734293057	3057	Mg	Broulard	Tête	M	38	290	[REDACTED]	11	2	0	6	10	469	0	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
1	1734293063	3063	Mg	Broulard	Tête	M	38	271	[REDACTED]	11	2	0	6	10	469	0	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
1	4451515566	5566	Mg	Broulard	Tête	M	38	306	[REDACTED]	11	1	4	6	10	109	10	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
1	4451515573	5573	Mg	Broulard	Tête	M	38	297	[REDACTED]	11	1	4	6	10	109	10	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
1	4451995234	5234	Mg	Broulard	Tête	M	38	304	[REDACTED]	11	1	4	6	10	77	10	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
1	4451995235	5235	Mg	Broulard	Tête	M	38	305	[REDACTED]	11	1	4	6	10	77	10	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
1	4477652047	2047	Mg	Broulard	Tête	M	38	304	[REDACTED]	11	1	4	6	10	80	10	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0
1	4916002734	2734	Mg	Broulard	Tête	M	38	310	[REDACTED]	11	1	4	6	10	109	10	296	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	4	233	0

Annexe III : Extrait de la formation technicien pour l'évaluation des critères élevage

Critère taille de l'atelier

• **Augmentation du risque de BPI quand augmentation taille atelier**
 (NORSTROM *et al.*, 2000 ; GAY *et al.*, 2009)
 → Difficulté de surveillance des animaux
 → Difficulté de gestion de l'ambiance du bâtiment
 → Plus grande pression d'infection

• **Evaluation** : nombre de JB engraisés par an.

	Modérats	Niveau de risque
Taille de l'atelier	<80	0
	>80	4



Critère vérification des animaux par l'éleveur

• **Rôle** :

- Conformité des animaux
- Contrôle état des animaux suite à l'arrivée
- Détection précoce des maladies



• **Evaluation** : Contrôle rapproché de plusieurs minutes 2 à 3 fois par jour de l'état des animaux (appétit, activité, fréquence respiratoire, température...)

	Modérats	Niveau de risque
Vérification des animaux par l'éleveur	Correcte	0
	Mauvaise	4

VOUS EFFICACITÉ

Critère quarantaine

• **Rôle** :

- Adaptation de l'animal au microbiome ambiant
- Réduire les contaminations des congénères déjà présents

(COMMANE, 2013 ; CALLAN & GARRY, 2002 ; SHERGER *et al.*, 2010)
 → durée : 14 à 21 (CALLAN)
 → durée : 7 (SHERGER)

→ BPI

• **Evaluation** : avoir un bâtiment spécifique indépendant utilisé jusqu'au rappel soit pendant le 1^{er} mois.

	Modérats	Niveau de risque
Quarantaine	Oui	0
	Non-Parfait	10

VOUS EFFICACITÉ

Critère ventilation/ambiance du bâtiment à l'arrivée du lot

• **Rôle** :

- Conformité des animaux
- Contrôle état des animaux suite à l'arrivée
- Détection précoce des maladies



	Modérats	Evénement	Niveau de risque
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	Bonne	Faible niveau d'ammoniac Densité animale et volume adéquat	1
	Moyenne	Couleur d'ammoniac (forte odeur) Fortes humidités (présence de zones mouillées) Densité élevée	2
	Très mauvaise	Fort niveau d'ammoniac (odeur pénible) Courants d'air importants Fortes humidités Casse surchargée et volume d'air réduit	4



VOUS EFFICACITÉ

Critère Pulmatop® (Se, antioxydants) à l'arrivée

• **Rôle** :

- Gestion du stress oxydatif lié à la mise en lot
- 30 % des animaux mis en place sont carencés en sélénium
- Augmentation de la concentration en sélénium sérique associée à une diminution du risque de BPI (Velly, 2007)

• **Evaluation** : Présence toute l'année ou pendant la période la plus à risque d'un apport systématique de vitamines-oligoéléments sous la forme d'un supplément nutritionnel (ex: Pulmatop)

	Modérats	Niveau de risque
Pulmatop® (Se, antioxydants) à l'arrivée	Oui	0
	non	4

VOUS EFFICACITÉ

Critère Transition alimentaire

• **Rôle** :

- Adaptation progressive au régime d'engraissement d'animaux juste sevrés
- Prévention des maladies métaboliques, digestives et de leur conséquence sur immunité

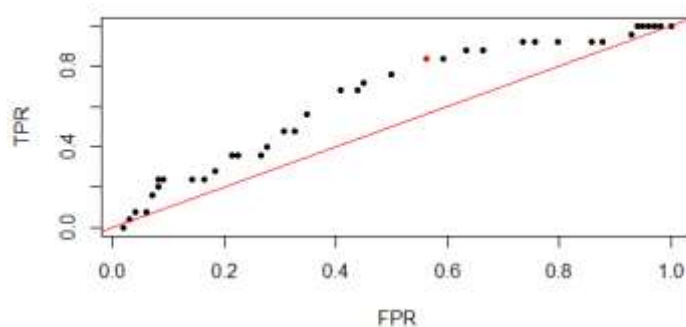


• **Evaluation** : Demander la durée en jours pour atteindre la ration d'engraissement

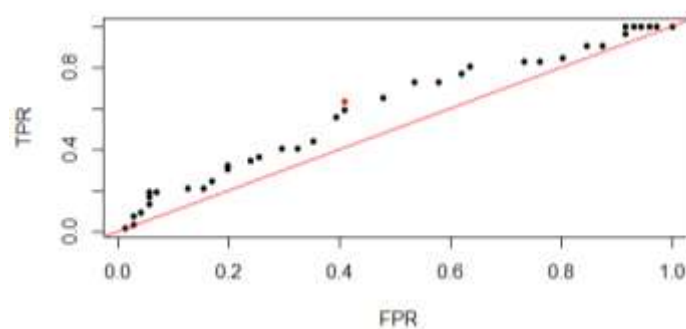
	Modérats	Niveau de risque
Transition alimentaire	Bonne = 15 jours	0
	Insuffisante = 15 jours	2
	Mauvaise	4

VOUS EFFICACITÉ

Annexe IV : Courbes ROC de la note ATLESS et des 2 types d'incidence (Sous-échantillon SANS)



Courbe ROC de la note ATLESS et de l'incidence 15%



Courbe ROC de la note ATLESS et de l'incidence Absence/présence

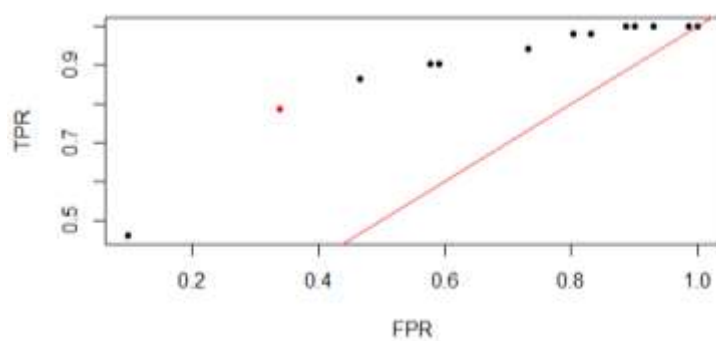
Annexe V : Résultats de l'analyse univariée des critères non statistiquement liés à l'incidence absence/présence et l'incidence 15% (Sous-échantillon SANS)

P	Incidence Absence/présence	Incidence 15%
Nombre de centres de tri fréquentés	0,14	1,00
Mois de mise en place	0,60	0,26
Distance de transport	0,30	0,70
Poids moyen du lot	0,08	0,19
Taille du lot	0,01	0,67
Nombre d'élevages de provenance dans un lot	-	0,36
Broutard max	0,64	0,58
GMQ moyen	0,39	1,00
Pulmatop®	0,82	0,11
Quarantaine	0,40	1,00
Transition alimentaire	-	0,30
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	0,30	1,00
Vérification des animaux	0,69	0,62

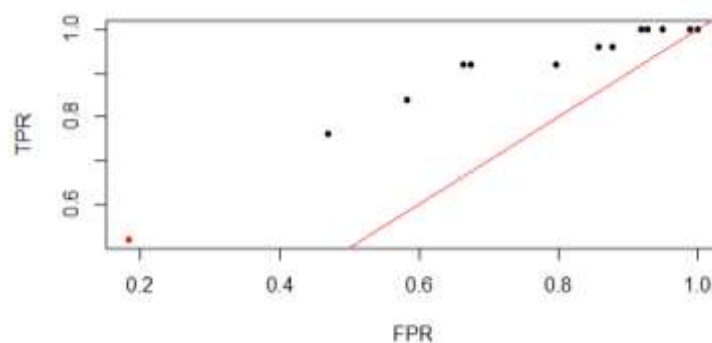
Annexe VI : Lien entre les critères 2 à 2 de la grille ATLESS, analyse univariée, test de Khi deux (Sous-échantillon SANS)

	Nb centres de tri	Mois MEP	Transport	Poids moyen	Taille lot	nb élevages de provenance	Broutard Max	GMQ moyen	Age moyen	Pulmatop®	Quarantaine	Taille atelier	Transition alimentaire	Ventilation
Mois MEP	0,87													
Transport	6.10 ⁻¹⁰	0,92												
Poids moyen	0,04	3.10 ⁻⁵	0,49											
Taille lot	0,33	0,99	7.10 ⁻⁵	0,9										
Nombre élevages de provenance	10 ⁻⁶	0,31	2.10 ⁻⁵	0,3	0,0004									
Broutard Max	0,5	0,16	0,81	0,78	0,3	0,67								
GMQ moyen	0,34	3.10 ⁻⁶	0,5	10 ⁻⁵	0,67	0,13	0,57							
Age moyen	0,82	0,037	0,58	10 ⁻⁵	0,3	0,36	0,57	0,002						
Pulmatop®	1	0,47	0,001	0,18	0,003	1	0,59	0,53	0,15					
Quarantaine	0,08	0,31	0,03	0,42	0,002	0,4	1	0,5	0,72	0,004				
Taille atelier	0,2	0,02	0,5	0,098	0,9	0,39	0,57	0,003	0,3	0,76	2.10 ⁻⁵			
Transition alimentaire	0,009	0,49	4.10 ⁻⁸	0,1	0,2	0,16	0,1	0,7	0,001	0,02	0,72	0,02		
Ventilation	0,02	0,68	0,6	0,3	0,007	0,83	0,01	0,01	0,68	0,018	0,037	0,55	0,18	
Vérification	1	0,9	0,009	0,37	0,02	0,066	1	0,37	0,79	0,43	0,7	0,6	0,15	0,53

Annexe VII : Courbe ROC de la note IDEALE et des 2 types d'incidence (Sous-échantillon SANS)



Courbe ROC de la note IDEALE et de l'incidence Absence/présence



Courbe ROC de la note IDEALE et de l'incidence 15 %

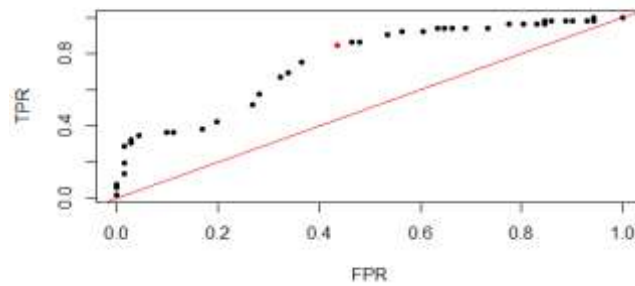
Annexe VIII : Résultats des régressions logistiques ayant permis la création de la nouvelle grille (Sous-échantillon SANS)

Critères liés au nombre d'élevages de provenance				
Critères	Modalités	P	Coefficient	Odds ratio
Nombre de centres de tri fréquentés	1	0,03	1,45	4,29
	≥ 2 ou non connu	Ref	Ref	1
Taille du lot	10-20 BV	0,02	1,42	4,14
	> 20 BV	Ref	Ref	1
Distance de transport	< 200 km	0,03	1,58	4,87
	200-400 km	0,45	0,48	1,62
	>400 km	Ref	Ref	1

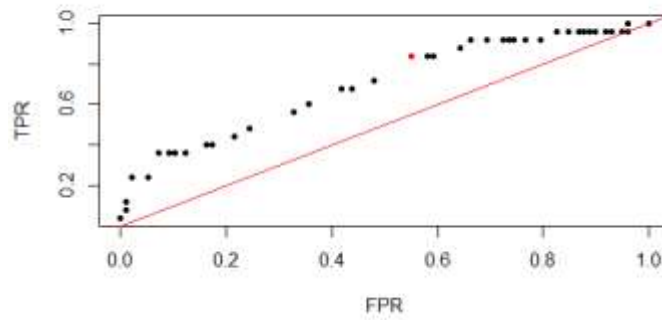
Critères liés à l'âge moyen du lot				
Critères	Modalités	P	Coefficient	Odds ratio
Mois	Nov-Dec	Ref	Ref	1
	Sept-Oct	0,027	-2,53	0,04
	Jan-Fev	0,01	4,2	67
	Mars-Avril	0,35	1,26	3,5
	Mai-Août	0,11	-1,55	0,2
Poids moyen du lot	< 270 kg	Ref	Ref	1
	270-320 kg	0,009	4,72	112
	>320 kg	0,0001	9,4	12222
Lot de Broutard Max	Oui	0,04	-4,44	0,018
	Non	Ref	Ref	1
GMQ moyen	>1 kg/j	0,002	-4,5	0,01
	≤1 kg/j	Ref	Ref	1

Critères liés à la Taille de l'Atelier				
Critères	Modalités	P	Coefficient	Odds ratio
Quarantaine	Oui	0,0002	-3	0,05
	Non	Ref	Ref	1
Transition alimentaire	Bonne (>15jours)	0,2	-2,1	0,12
	Insuffisante (<15jours)	0,5	-1	0,33
	Aucune	Ref	Ref	1

Annexe IX : Courbe ROC de la Note NOUVELLE et des 2 types d'incidences (Sous-échantillon SANS)

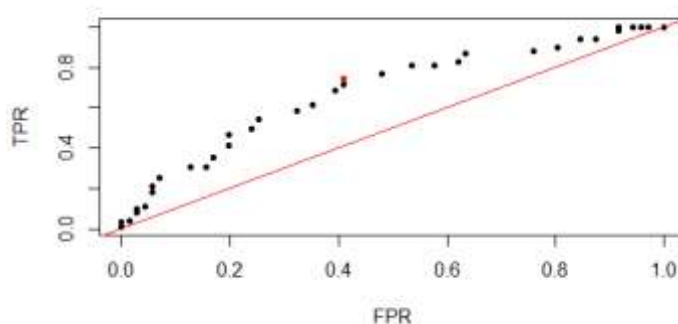


Courbe ROC de la note NOUVELLE et de l'incidence Absence/présence



Courbe ROC de la note NOUVELLE et de l'incidence 15%

Annexe X : Courbes ROC de la note ATLESS et l'incidence absence/présence (Sous-échantillon MIX)



Annexe XI : Répartition des effectifs selon la grille ATLESS et modifications de certaines modalités (Sous-échantillon MIX)

Critères	Modalités	Note de sécurité	Effectifs	Fréquence (%)
Nombre de centres de tri fréquentés	1	4	26	15,3
	≥ 2 ou non connu	0	144	84,7
Taille du lot	< 10	4	Absence	-
	10-20	3	92	54,1
	> 20	0	78	45,9
Distance de transport	< 200 km	10	30	17,6
	200-400 km	4	45	26,5
	>400 km	0	95	55,9
Nombre d'élevages de provenance (Modalités Mugnerot)	1	4	12	7,1
	2	3	7	4,1
	≥ 3	0	151	88,8
Nombre d'élevages de provenance (Modalités modifiées)	1	4	12	7,1
	2 à 3	3	21	12,4
	≥ 4	0	137	80,6
Age moyen du lot (Modalités Mugnerot)	< 270 jours	0	125	73,5
	270-310 jours	2	28	16,5
	> 310 jours	4	17	10

Age moyen du lot (Modalités modifiées)	<i>< 240 jours</i>	0	65	38,2
	<i>240-280 jours</i>	2	72	42,4
	<i>> 280 jours</i>	4	33	19,4
Mois de mise en place	Mai, juin, juillet, août	10	53	31,2
	Septembre, octobre	2	20	11,8
	Novembre, décembre	0	29	17,1
	Janvier, février	3	40	23,5
	Mars, Avril	6	28	16,5
Poids moyen du lot	< 270 kg	0	21	12,4
	270-320 kg	3	63	37,1
	> 320 kg	10	86	50,6
Lot Broutard Max	Oui	10	5	2,9
	Non	0	165	97,1
Gain moyen quotidien moyen avant sevrage	≤ 1	0	41	24,1
	> 1	4	129	75,9
Pulmatop ®(Se, antioxydants) à l'arrivée	Oui	4	50	29,4
	Non	0	120	70,6
Quarantaine	Oui	10	80	47,1
	Non	0	90	52,9
Taille de l'atelier	<80	4	30	17,6
	>80	0	140	82,4
Transition alimentaire	Bonne > 15 jours	4	107	62,9
	Insuffisante < 15 jours	2	58	34,1
	Aucune	0	5	2,9
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	Très Bonne	4	27	15,9
	Bonne	3	130	76,5
	Mauvaise	2	13	7,6
	Très mauvaise	0	-	0
	Correcte	4	159	93,5
Vérification des animaux par l'éleveur	mauvaise	0	11	6,5

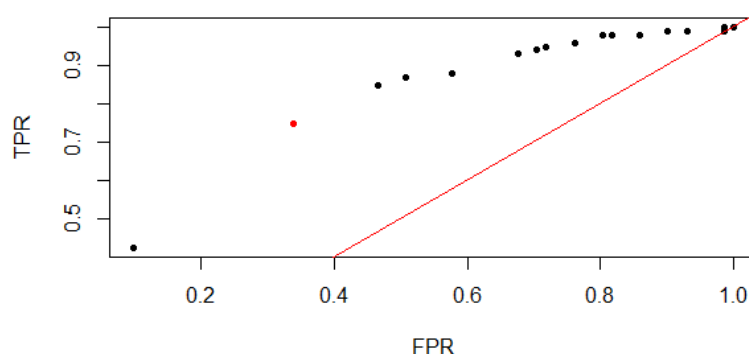
Annexe XII : Résultats de l'analyse univariée des critères non statistiquement liés à l'incidence absence/présence (Sous-échantillon MIX)

	Incidence Absence/présence
Nombre de centres de tri fréquentés	0,11
Poids moyen du lot	0,10
Broutard max	0,65
GMQ moyen	0,21
Pulmatop®	0,58
Quarantaine	1,00
Transition alimentaire	0,08
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	0,75
Vérification des animaux	1,00

Annexe XIII : Lien entre les critères 2 à 2 de la grille ATLESS, analyse univariée, test de Khi deux (Sous-échantillon MIX)

	Nb centres de tri	Mois MEP	Transport	Poids moyen	Taille lot	Nb élevages provenance	Broutard Max	GMQ moyen	Age moyen	Pulmatop®	Quarantaine	Taille atelier	Transition alimentaire	Ventilation
Mois MEP	0,7													
Transport	4. 10 ⁻¹¹	0,8												
Poids moyen	0,47	0,22	0,66											
Taille lot	0,06	0,56	2. 10 ⁻⁶	0,54										
Nombre élevages de provenance	3. 10 ⁻⁶	0,6	2. 10 ⁻⁸	0,44	10 ⁻⁴									
Broutard Max	0,17	0,04	0,7	0,55	0,66	0,66								
GMQ moyen	0,70	6. 10 ⁻⁷	0,54	6. 10 ⁻⁸	0,23	0,05	1,00							
Age moyen	0,21	5. 10 ⁻⁵	0,21	2. 10 ⁻⁹	0,81	0,2	0,21	4. 10 ⁻³						
Pulmatop®	1,00	0,22	10 ⁻³	0,1	3 10 ⁻²	0,9	0,63	1,00	0,05					
Quarantaine	0,10	0,09	0,05	0,38	0,01	0,53	1,00	0,77	0,43	2.10 ⁻⁶				
Taille atelier	0,16	0,07	0,25	0,06	0,46	0,15	1,00	2. 10 ⁻³	0,15	0,36	10 ⁻⁴			
Transition alimentaire	0,01	0,17	2. 10 ⁻⁷	0,39	0,28	0,03	0,18	0,22	0,01	0,004	0,24	0,07		
Ventilation	0,08	0,31	0,3	0,36	0,02	0,98	0,05	0,45	0,35	0,1	2. 10 ⁻³	0,87	0,02	
Vérification	0,67	0,95	0,01	0,45	0,02	0,04	1,00	0,72	0,72	0,5	0,83	1,00	0,05	0,1

Annexe XIV : Courbes ROC de la note IDEALE et l'incidence absence/présence (Sous-échantillon MIX)



Annexe XV : Répartition des effectifs selon la grille ATLESS et modifications de certaines modalités (Sous-échantillon AVEC)

Critères	Modalités	Note de sécurité	Effectifs	Fréquence
Nombre de centres de tri fréquentés	1	4	39	18,8
	≥ 2 ou non connu	0	169	81,3
Taille du lot	< 10	4	Absence	0
	10-20	3	114	54,8
	> 20	0	94	45,2
Distance de transport	< 200 km	10	32	15,4
	200-400 km	4	25	12
	>400 km	0	151	72,6
Nombre d'élevages de provenance (Modalités Mugnerot)	1	4	13	6,3
	2	3	5	2,4
	≥ 3	0	190	91,3
Nombre d'élevages de provenance (Modalités modifiées)	1	4	13	6,3
	2 à 3	3	19	9,1
	≥ 4	0	176	84,6
Age moyen du lot (Modalités Mugnerot)	< 270 jours	0	144	69,2
	270-310 jours	2	45	21,6
	> 310 jours	4	19	9,1

Age moyen du lot (Modalités modifiées)	< 240 jours	0	88	42,3
	240-280 jours	2	67	32,2
	> 280 jours	4	53	25,5
Mois de mise en place	Mai, juin, juillet, août	10	32	15,4
	Septembre, octobre	2	38	18,3
	Novembre-décembre	0	44	21,2
	Janvier, février	3	68	32,7
	Mars, Avril	6	26	12,5
Poids moyen du lot	< 270 kg	0	37	17,8
	270-320 kg	3	74	35,6
	> 320 kg	10	97	46,6
Lot Broutard Max	Oui	10	4	1,9
	Non	0	204	98,1
Gain moyen quotidien moyen avant sevrage	≤ 1	0	52	25
	> 1	4	156	75
Pulmatop ®(Se, antioxydants) à l'arrivée	Oui	4	34	16,3
	non	0	174	83,7
Quarantaine	Oui	10	75	36,1
	Non	0	133	63,9
Taille de l'atelier	<80	4	49	23,6
	>80	0	159	76,4
Transition alimentaire	Bonne > 15 jours	4	134	64,4
	Insuffisante < 15 jours	2	63	30,3
	Aucune	0	11	5,3
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	Très Bonne	4	43	20,7
	Bonne	3	138	66,3
	Mauvaise	2	27	13
	Très mauvaise	0	-	0
Vérification des animaux par l'éleveur	Correcte	4	177	85,1
	mauvaise	0	31	14,9

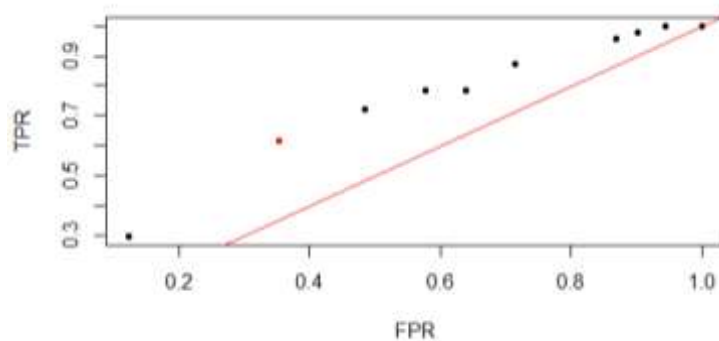
Annexe XVI : Résultats de l'analyse univariée des critères non statistiquement liés à l'incidence absence/présence (Sous-échantillon AVEC)

	Incidence Absence/présence
Nombre de centres de tri fréquentés	0,32
Mois de mise en place	0,11
Distance de transport	0,15
Poids moyen du lot	0,81
Taille du lot	0,15
Nombre d'élevages de provenance dans un lot	0,21
Broutard max	1,00
GMQ moyen	0,39
Age moyen du lot	0,40
Pulmatop®	0,086
Quarantaine	0,84
Taille de l'atelier	0,07
Transition alimentaire	0,95
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	0,95
Vérification des animaux	0,24

Annexe XVII : Lien entre les critères 2 à 2 de la grille ATLESS, analyse univariée, test de Khi deux (Sous-échantillon AVEC)

	Nb centres de tri	Mois MEP	Transport	Poids moyen	Taille lot	Nb élevages provenance	Broutard Max	GMQ moyen	Age moyen	Pulmatop®	Quarantaine	Taille atelier	Transition alimentaire	Ventilation
Mois MEP	0,22													
Transport	<2. 10 ⁻¹⁶	2. 10 ⁻³												
Poids moyen	0,0009	0,02	10 ⁻³											
Taille lot	0,001	0,48	10 ⁻³	0,25										
Nombre élevages de provenance	<2. 10 ⁻¹⁶	0,75	5 10 ⁻¹³	0,02	10 ⁻³									
Broutard Max	0,001	0,02 5	0,02	0,08 9	0,62	0,06								
GMQ moyen	0,018	0,00 5	0,02	6. 10 ⁻¹¹	0,01	10 ⁻³	1,00							
Age moyen	0,0086	8. 10 ⁻¹⁴	0,01	7. 10 ⁻¹³	0,85	0,90	0,09	0,19						
Pulmatop®	1,00	0,23	0,20	0,06	0,10	0,62	1,00	1,00	0,24					
Quarantaine	0,34	0,20	0,05	0,02 8	0,29	0,23	0,29	0,56	0,08	10 ⁻¹²				
Taille atelier	0,33	0,88	0,40	0,03	0,06	0,36	1,00	0,63	0,01	9. 10 ⁻⁴	0,014			
Transition alimentaire	3. 10 ⁻⁵	0,42	3. 10 ⁻⁴	0,89	0,09	2. 10 ⁻³	1,00	0,01	0,09	0,02	0,005	4. 10 ⁻³		
Ventilation	0,29	0,57	0,03	0,02	0,50	0,63	0,27	0,36	0,39	0,33	9.10 ⁻⁶	0,09	0,057	
Vérification	0,51	0,76	0,54	0,1	0,32	0,70	1,00	0,91	0,89	0,76	0,89	0,40	0,10	4. 10 ⁻³

Annexe XVIII : Courbes ROC de la note IDEALE et l'incidence absence/présence (Sous-échantillon AVEC)

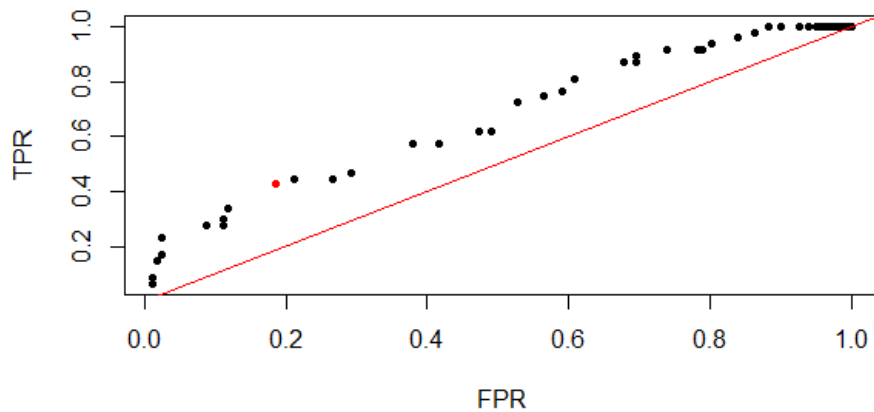


Annexe XIX : Résultats des régressions logistiques ayant permis la création de la nouvelle grille (Sous-échantillon AVEC)

Critères liés au mois de mise en place				
Critères	Modalités	P	Coefficient	Odds ratio
Distance de transport	< 200 km	Réf	Réf	1
	200-400 km	0,1	0,73	2,07
	>400 km	0,19	-0,7	0,49
Poids moyen du lot	< 270 kg	Réf	Réf	1
	270-320 kg	0,49	-0,35	0,7
	> 320 kg	0,55	-0,37	0,68
Lot Broutard Max	Oui	0,99	0,25	3,56
	Non	Réf	Réf	1
GMQ moyen avant sevrage	≤ 1	Réf	Réf	1
	> 1	0,99	0,003	1
Age moyen du lot	< 240jours	Réf	Réf	1
	240-280 jours	0,68	-1,17	0,84
	> 280 jours	0,16	-0,76	0,46

Critères liés à la taille de l'atelier				
Critères	Modalités	P	Coefficient	Odds ratio
Pulmatop®	Oui	0,98	-17	$2,7.10^{-8}$
	Non	Réf	Réf	1
Quarantaine	Oui	0,56	-0,2	$7,8.10^{-1}$
	Non	Réf	Réf	1
Transition alimentaire	Bonne (>15jours)	0,99	16	$3,6.10^7$
	Insuffisante (<15jours)	0,99	17	$1,26.10^7$
	Aucune	Réf	Réf	1

Annexe XX : Courbe ROC de la note NOUVELLE et de l'incidence Absence/présence (Sous-échantillon AVEC)



Annexe XXI : Evaluation de la répartition des lots selon le classement obtenu pour la note ATLESS, la note IDEALE et la note NOUVELLE pour tous les sous-échantillons

Répartition des lots en commun d'après les classements obtenus selon la note ATLESS et la note IDEALE pour l'incidence 15% (Sous-échantillon SANS)

	Classement Note ATLESS/Note IDEALE Lots en commun	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Moins de 15% de JB traités	43/80 37	55/18 12
Plus de 15 % de JB traités	4/9 1	21/13 10

Répartition des lots en commun d'après les classements obtenus selon la note ATLESS et la note IDEALE pour l'incidence Absence/présence (Sous-échantillon SANS)

Classement Note ATLESS/Note IDEALE Lots en commun		
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Pas de JB traité	42/47 26	29/24 8
Au moins un JB traité	19/11 4	33/41 26

Répartition des lots en commun d'après les classements obtenus selon la note ATLESS et la Note NOUVELLE pour l'incidence Absence/présence (Sous-échantillon SANS)

Classement Note ATLESS/Note NOUVELLE Lots en commun		
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Pas de JB traité	42/40 29	29/31 18
Au moins un JB traité	19/8 6	33/44 31

Répartition des lots en commun d'après les classements obtenus selon la note ATLESS et la note IDEALE (Sous-échantillon AVEC)

Classement Note ATLESS/Note IDEALE Lots en commun		
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Pas de JB traité	70/104 45	91/57 32
Au moins un JB traité	12/18 7	35/29 24

Répartition des lots en commun d'après les classements obtenus selon la note ATLESS et la Note NOUVELLE (Sous-échantillon AVEC)

	Classement Note ATLESS/Note NOUVELLE Lots en commun	
	Prédiction lot à faible risque	Prédiction lot à risque élevé
Pas de JB traité	70/131 61	91/30 21
Au moins un JB traité	12/27 9	35/20 17

Annexe XXII : Résultats de l'analyse univariée des critères non statistiquement liés aux lots mal classés selon les différents sous-échantillons, test de Khi deux

P	Sous-échantillon SANS Incidence 15%	Sous-échantillon SANS Incidence Absence/présence	Sous-échantillon MIX Incidence Absence/présence	Sous-échantillon AVEC Incidence Absence/présence
Nombre de centre de tri fréquentés	-	0,24	0,70	-
Mois de mise en place	0,27	0,46	0,78	0,84
Distance de transport	-	0,79	0,57	-
Poids moyen du lot	-	0,12	0,47	-
Taille du lot	0,87	1,00	0,67	0,59
Nombre d'élevages de provenance	0,68	0,73	0,79	-
Broutard Max	0,12	0,95	1,00	0,12
GMQ moyen	-	-	-	0,13
Age moyen	0,98	0,47	0,52	0,21
Pulmatop®	-	0,35	0,82	-
Quarantaine	-	0,79	0,30	-
Taille de l'atelier	-	-	-	0,29
Transition alimentaire	0,5	0,27	0,24	0,39
Ventilation/ Ambiance du bâtiment	0,16	0,88	0,64	-
Vérification des animaux	1,00	0,46	0,32	-

Annexe XXIII : Résultats des lots mal classés selon l'évaluation des élevages engraisseurs par les techniciens

Techniciens		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Lots totaux
Sous-échantillon SANS Incidence 15%	Nombre de lots mal classés	3	6	1	3	5		2	7	0	3	0	6	1	2	5		4	48
	Nombre de lots évalués	6	8	1	12	12		6	16	4	5	3	19	9	3	11		8	123
	Pourcentage de lots mal classés	50	75	100	25	42		33	44	0	60	0	32	11	67	45		50	39
Sous-échantillon SANS Incidence Absence/Présence	Nombre de lots mal classés	3	5	1	2	6		1	7	1	4	1	10	3	2	7		6	59
	Nombre de lots évalués	6	8	1	12	12		6	16	4	5	3	19	9	3	11		8	123
	Pourcentage de lots mal classés	50	63	100	17	50		17	44	25	80	33	53	33	67	64		75	48
Sous-échantillon MIX Incidence Absence/Présence	Nombre de lots mal classés	3	6	1	5	5		2	7	1	4		6	1	2	5		6	54
	Nombre de lots évalués	6	8	3	16	13	1	6	23	9	10	3	19	13	4	18	1	17	170
	Pourcentage de lots mal classés	50	75	33	31	38	0	33	30	11	40	0	32	8	50	28	0	35	32
Sous-échantillon AVEC Incidence Absence/Présence	Nombre de lots mal classés	16		1	5	6	5	0	3	18	8	18	1	12	1	2	1	6	103
	Nombre de lots évalués	18		3	10	10	6	2	3	39	14	40	1	21	10	9	5	17	208
	Pourcentage de lots mal classés	89		33	50	60	83	0	100	46	57	45	100	57	10	22	20	35	50

Annexe XXIV : Répartition des lots selon 2 seuils proposés pour les différents sous-échantillons

Répartition des lots selon 2 seuils proposés pour le sous-échantillon SANS, incidence 15%

Seuils	54	52-56	50-60	47-63	52-62	52-60
Lots dans Incertitude	-	21,1	41	59	38	32
Lots Mal classés	48	38,2	28	23	24	28
Sensibilité	0,84	0,9	0,86	0,82	0,78	0,8
Spécificité	0,44	0,4	0,45	0,35	0,57	0,53

Répartition des lots selon 2 seuils proposés pour le sous-échantillon SANS, incidence Absence/présence

Seuils	47-63	50-60	52-62	52-60	54-58
Lots dans Incertitude	83	41	38	33	15,4
Lots Mal classés	19	26	24	28	34,1
Sensibilité	0,78	0,7	0,6	0,64	0,7
Spécificité	0,39	0,45	0,6	0,54	0,5

Répartition des lots selon 2 seuils proposés pour le sous-échantillon AVEC, incidence Absence/présence

Seuils	62	54-70	58-66	60-64	52-60	58-64	56-68
Lots dans Incertitude	-	55,8	31	15,9	19,2	20,7	41,8
Lots Mal classés	50	23,6	34	42,3	51,9	41,3	29,8
Sensibilité	0,74	0,7	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8
Spécificité	0,43	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4

Validation et déploiement d'une grille d'évaluation du niveau de sécurité des lots de jeunes bovins vis-à-vis des bronchopneumonies

RESUME

Cette étude avait pour objectif de valider et de déployer sur le terrain une grille d'évaluation du niveau de sécurité des lots de jeunes bovins vis-à-vis des bronchopneumonies afin de fournir des éléments objectifs sur la conduite sanitaire à tenir lors de l'allotement. Les traitements collectifs doivent être réservés à des lots à risque élevé. La création de cette grille a été initiée par Ter'élevage en 2011 puis a été complétée et ajustée en 2015. Elle est constituée de 9 critères décrivant les lots et de 6 critères décrivant les ateliers d'engraissement. Une note est associée à chaque critère et la somme de ces notes constitue une note de sécurité pour l'ensemble du lot. Celle-ci a été testée sur 331 lots ayant transité par au moins un centre de tri de Ter'élevage de décembre 2014 à mars 2016 et des nouvelles notes ont également été proposées. Il a été mis en évidence que la note, créée en 2015, est liée à l'absence ou la présence d'au moins un JB traité pour BPI dans le lot dans les 15 jours suivant sa mise en place avec un risque d'avoir une BPI multiplié par 1,07 pour chaque point de moins dans la note. Une explication au taux d'erreur, au mieux compris entre 25 et 30%, a été recherchée mais il n'a pas été possible de comprendre pourquoi les lots étaient mal classés. D'autres critères devraient être ajoutés dans la grille, tels que l'historique sanitaire de l'animal avant la mise en lot. De plus, il faudrait associer à la grille un diagnostic précoce des agents pathogènes. En effet, ce sont des facteurs connus pour être liés à l'apparition des BPI, mais, sur le terrain, il est actuellement difficile de récupérer ces données.

MOTS CLES

- Bronchopneumonie
- Jeune bovin
- Facteur de risque
- Engraissement

JURY

Président : Monsieur Patrick LUSTENBERGER
Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes
Rapporteur : Monsieur Sébastien ASSIE
Maître de Conférences à Oniris
Assesseur : Monsieur Aurélien MADOUASSE
Maître de Conférences à Oniris
Membre invité : Madame Marie-Anne LEFOL
Vétérinaire Santé Animale à Terrena

ADRESSE DE L'AUTEUR

29 chemin de la table ronde
67260 Bischtroff sur Sarre

IMPRIMERIE

Terrena Service Informatique
La Noëlle
44150 Ancenis