



HAL
open science

Étude de la supplémentation nutritionnelle Minilic PULMOZEN® sur les fonctions respiratoire et digestive des veaux

Ludivine Flament

► **To cite this version:**

Ludivine Flament. Étude de la supplémentation nutritionnelle Minilic PULMOZEN® sur les fonctions respiratoire et digestive des veaux. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02639187

HAL Id: dumas-02639187

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02639187>

Submitted on 28 May 2020

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

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

Année universitaire : 2018 – 2019	Mémoire de fin d'études <input type="checkbox"/> d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage <input checked="" type="checkbox"/> de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage <input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)
Spécialité : Production Animale	
Spécialisation (et option éventuelle) : Master SAED (Sciences de l'Animal pour l'Élevage de Demain)	

Étude de la supplémentation nutritionnelle Minilic PULMOZEN® sur les fonctions respiratoire et digestive des veaux

Par : Ludivine FLAMENT



Soutenu à Rennes le 26 juin 2019

Devant le jury composé de :

Président : Emmanuelle MOREAU

Enseignant référent : Anne-Lise JACQUOT

Maitre de stage : Nicolas POURTAU

Rapporteur : Jocelyne FLAMENT

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Remerciements

Mes remerciements s'adressent particulièrement à toutes les personnes qui ont contribué à la construction de mon avenir professionnel et à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens tout d'abord à remercier **Monsieur Cédric de Boulogne**, Directeur Général, et **Monsieur Nicolas Pourtau**, Responsable R&D et maître de stage, pour m'avoir accueillie au sein de l'entreprise Nutrilac pour accomplir mon stage de fin d'études.

Nicolas Pourtau, je souhaite vous témoigner ma considération pour votre accueil, vos conseils, votre encadrement et le temps passé. Grâce à votre confiance, j'ai pu mener cette étude en autonomie et m'épanouir dans mon travail.

Merci à tout **le personnel** de Nutrilac pour votre accueil et votre sympathie. Je me suis intégrée très facilement à votre équipe et j'ai travaillé dans un cadre convivial et agréable.

Je remercie tout spécialement **Odile, Vanessa et Karine**, du service administratif, d'avoir accepté de partager leur bureau, pour leur bonne humeur, leur gentillesse, leurs conseils, leur rigueur au travail et les petites blagues.

Je témoigne toute ma reconnaissance amicale à **Mariane, Marine et Edward**, mes collègues stagiaires. Ce fut un véritable plaisir d'avoir travaillé avec eux, d'avoir échangé sur nos différents travaux et progressé ensemble. Que de bons moments au boulot et en dehors !

Je tiens également à mettre à l'honneur **Frédéric et Marie-Laure**, les éleveurs qui ont bien voulu participer à mon essai, pour avoir « prêté » leurs veaux, pour tout ce temps consacré, pour leur investissement, leur confiance et leur sympathie.

Merci aux **veaux**, très joueurs, pour leur collaboration.

Ma gratitude va aussi à **maman et Marie**, mes correctrices personnelles !

Un grand merci aux **professeurs de l'Agrocampus Ouest**. Vos enseignements, votre encadrement, vos exigences et votre dynamisme sont des armes nécessaires pour affronter le monde du travail et ont été des atouts pour réaliser mon projet professionnel. Je prie **Pierre-Guy Marnet**, mon tuteur de Master et **Anne-Lise Jacquot**, ma tutrice de stage, de trouver ici l'expression de ma reconnaissance pour leur investissement dans ma réussite, leur soutien et leur suivi.

À mes **camarades de SAED**, en particulier **Anaïs et Mathilde**, pour tous les bons moments et souvenirs mais aussi les périodes de galère et de stress que nous avons surmontées ensemble.

Ces 3 semestres à l'Agro auront été formidables mais trop courts.

Enfin et surtout, un ÉNORME MERCI à mes **parents** pour leur soutien sans faille durant ma (longue) scolarité. Ma reconnaissance est infinie. **Merci !!!!!!!**

Table des matières

Liste des abréviations	III
Glossaire	IV
Table des figures et tableaux.....	V
Table des annexes	VI
Introduction.....	1
I. Contexte sur les pathologies des jeunes bovins.....	2
A. Les pathologies digestives ont plusieurs sources	2
B. Les pathologies respiratoires aux multiples facteurs	3
C. La Bovine Viral Diarrhea (BVD), la plus importante maladie du bétail.....	4
D. Expression physiologique du statut inflammatoire.....	5
E. Présentation du produit testé, le Minilic PULMOZEN®	5
II. Matériels et Méthodes.....	6
A. Élevages	6
B. Animaux.....	6
C. Schéma expérimental	7
D. Données recueillies.....	7
E. Analyses statistiques	9
III. Résultats	10
A. Description des apports immunitaires	10
B. Étude de l'infestation par les coccidies	10
C. Étude de l'infection virale (BVD, BRS et PI3)	12
D. Étude du statut inflammatoire des veaux	12
E. Étude de la croissance des animaux.....	13
F. Étude du statut sanitaire	14
IV. Discussion	15
A. Analyse du taux d'excrétion des œufs de coccidies	15
B. Étude du statut inflammatoire	16
C. Analyse de la croissance	16
D. Analyse du statut sanitaire	17
E. Limites et pistes d'amélioration de l'étude	17
Conclusion	19
Références.....	20
Annexes	26

Liste des abréviations

ARN : Acide ribonucléique

BRD : Bovin Respiratory Disease (Maladie Respiratoire Bovine)

BRSV : Bovin Respiratory Syncytium Virus (Virus Respiratoire Syncytial Bovin)

BVD : Bovin Viral Diarrhea (Diarrhée Virale Bovine)

CTL : Contrôle

EN : Écouvillons Nasaux

E_n : Élevage numéro n

GDS : Groupement de Défense Sanitaire

GMQ : Gain Moyen Quotidien

Hp : Haptoglobine

Ig : Immunoglobuline

IL : Interleukine

IP : Infection Persistante

IT : Infection Transitoire

J_n : n^{ème} jour d'essai

MT : Montbéliard

OPG : Oocystes par gramme

PH : Prim'Holstein

PI3V : Parainfluenza-3 Virus

PCR : Polymerase Chain Reaction (Réaction en Chaîne par Polymérase)

TB : Taux Butyreux

Glossaire

Agammaglobulinémie : Absence de gammaglobuline dans le sang (famille de protéines dont font partie les anticorps).

Ad libitum : À volonté.

Alcaloïde : Molécule organique à base azotée d'origine végétale.

Appétibilité : Capacité des aliments à susciter l'appétence des animaux.

Appétence : Qui donne envie de manger.

Coproscopie : Examen microscopique des fèces.

Dyspnée : Difficulté respiratoire.

Enzootique : Endémie animale (persistance d'une maladie chez une espèce donnée dans une zone donnée).

Épizootie : Épidémie animale.

Flore bactérienne commensale : Ensemble de bactéries présentes naturellement dans l'organisme qui a pour fonction de le protéger et assurer son bon fonctionnement.

Homéostasie : Maintien de l'état stationnaire de l'organisme.

In situ : Dans son milieu naturel.

Interleukine : Cytokine (protéine) sécrétée par les lymphocytes lors de la réaction immunitaire.

Leucotoxine : Cytotoxine destructrice de leucocytes.

Lipopolysaccharides : Molécules constituées d'un lipide et d'un polysaccharide, composant de la paroi des bactéries Gram -.

Mammite : Inflammation de la mamelle.

Morbidité : Nombre d'animaux malades dans un groupe et une période donnée.

Mortalité : Nombre d'animaux morts dans un groupe et une période donnée.

Neutrophiles : Globules blancs à l'action antibactérienne.

Oocystes : Œufs encapsulés des protozoaires sporozoaires.

Ostéocyte : Cellule du tissu osseux.

Placenta syndesmochorial = conjonctivochorial : Epithélium utérin corrodé et discontinu.

Polypnée : Fréquence respiratoire accrue.

Protozoaires : Protistes (micro-organismes eucaryotes à organisation cellulaire simple) sans chlorophylle.

Saponine : Glucosides extraits de certaines plantes.

Schizonte : Stade évolutif correspondant à la division du noyau de la coccidie.

Schizozoïte : Zoïte (individu d'une colonie animale) à l'origine des gamontes (individu haploïde à l'origine des gamètes).

Sporozoïte : Élément unicellulaire représentant la forme infectante des coccidies.

Sporulé : Sous forme de spores (cellules ou ensemble de cellules de reproduction).

Terpènes : Hydrocarbures basiques.

Terpénoïdes : Hydrocarbures avec des groupements fonctionnels.

Table des figures et tableaux

Fig.1 : Comparaison de la circulation sanguine fœtale et de la circulation sanguine adulte chez le bovin	1
Fig.2 : Différence de consistance et de couleur entre les diarrhées d'origine alimentaire et les diarrhées d'origine coccidienne.	2
Fig.3 : Cycles coccidiens.	2
Fig.4 : Répartition géographique des exploitations ayant participé à l'essai.	6
Fig.5 : Diagramme de Gantt représentant le temps disponible pour faire naître l'ensemble des veaux de l'essai.	6
Fig.6 : Schéma du plan de mise en lot des veaux de l'exploitation avesnoise.	7
Fig.7 : Répartition de l'effectif des veaux en fonction du sexe, de la race et du lot.	7
Fig.8 : Photos représentant les seaux Minilic PULMOZEN® de 5 kg (A) et 15 kg (B).	7
Fig.9 : Photos montrant comment se déroule un prélèvement de fèces fraîches rectales.	8
Fig.10 : Photos montrant comment se déroule un prélèvement d'écouvillons nasaux.	9
Fig.11 : Frise chronologique des différentes prises de mesure pour un veau.	9
Fig.12 : Histogramme représentant le nombre d'animaux pour chaque classe de consommation en Minilic PULMOZEN® (g/j/veau).	10
Fig.13 : Diagramme en boîte de la répartition du taux d'excrétion d'œufs (en opg) à J60 selon le lot (CTL vs TESTE).	11
Fig.14 : Histogramme du taux d'excrétion d'œufs de coccidies (opg) en fonction de l'âge (J30 vs J60) et du lot (CTL vs TESTE).	11
Fig.15 : Diagramme en boîte de la répartition du taux d'haptoglobine (mg/L) à J0 (A) et J45 (B) selon le lot (CTL vs TESTE).	12
Fig.16 : Histogramme du taux d'haptoglobine (mg/L) en fonction de l'âge (J0 vs J45) et du lot (CTL vs TESTE).	12
Fig.17 : Histogramme des poids des veaux (kg) en fonction de leur âge (J0 vs J45) et du lot (CTL vs TESTE)	13
Fig.18 : Histogramme des GMQ des veaux (g/j) en fonction du lot (CTL vs TESTE).	13
Fig.19 : Droite du poids des veaux (kg) à J45 en fonction de leur consommation quotidienne en Minilic PULMOZEN® (g/j/veau).	13
Fig.20 : Droite du GMQ des veaux (g/j) en fonction de leur consommation quotidienne en Minilic PULMOZEN® (g/j/veau).	13
Tab.1 : Comparaison de l'infection permanente (IP) et transitoire (IT) par le virus BVD chez le bovin.	4
Tab.2 : Diagnostic de l'infection permanente (IP) et transitoire (IT) par le virus BVD chez le bovin.	5
Tab.3 : Pourcentages de présence des différentes espèces de coccidies selon l'âge (J30 vs J60) et le lot (CTL vs TESTE).	11
Tab.4 : Récapitulatif de l'ensemble des analyses statistiques réalisées.	15

Table des annexes

Annexe I : Fiche produit du seau à lécher Minilic PULMOZEN® présentant sa composition et ses actions sur le veau.	25
Annexe II : Tableau de correspondance entre le % de Brix lu sur le réfractomètre, la concentration en IgG (g/L) et la qualité du colostrum.	26
Annexe III : Tableau du suivi des naissances.	27
Annexe IV : Tableau du suivi de l'alimentation.	28
Annexe V : Tableau du suivi de la croissance.	29
Annexe VI : Tableau de correspondance entre le tour de poitrine (cm) et le poids vif (kg) du bovin.	30
Annexe VII : Tableau du suivi sanitaire.	31

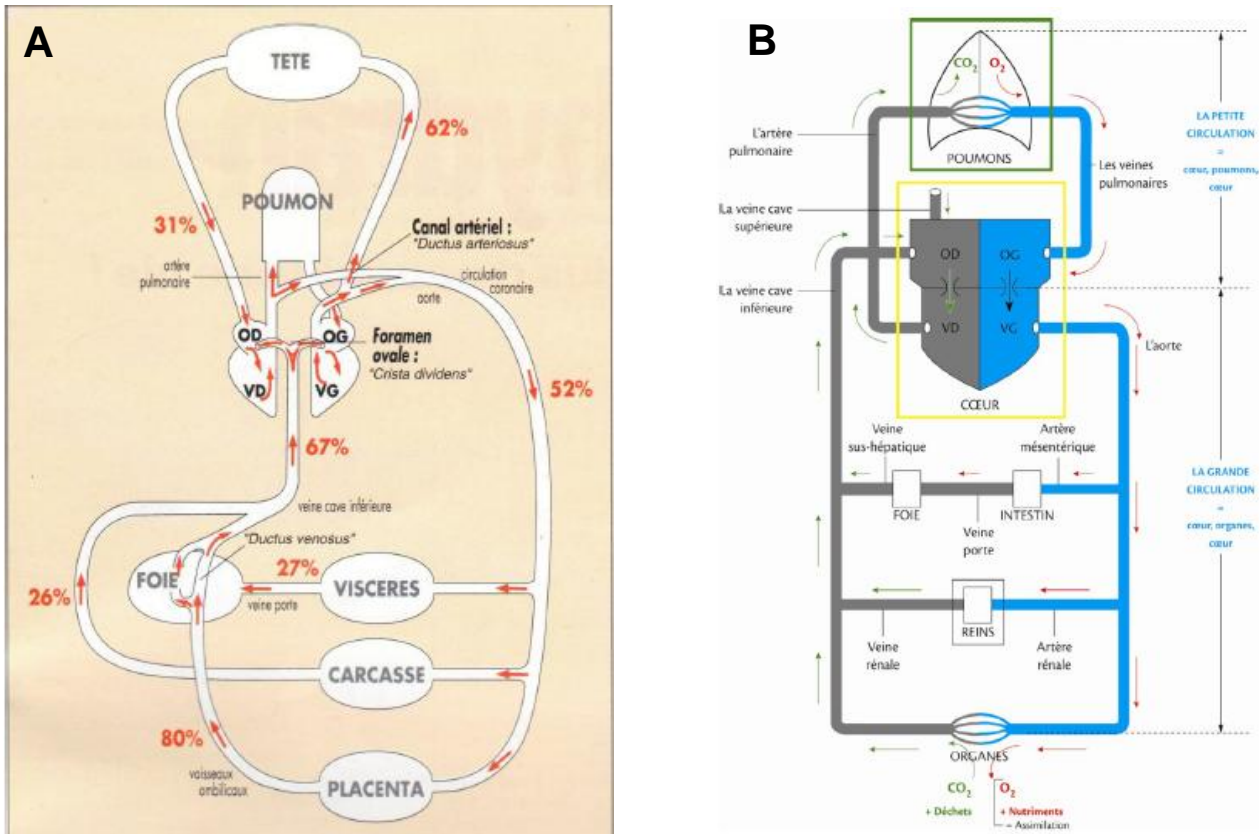


Fig.1 : Comparaison de la circulation sanguine fœtale et de la circulation sanguine adulte chez le bovin.

A : Schéma général de la circulation chez le fœtus. (Extrait de Colin, 2013, d'après Toutain, 1985 et Luet, 1993).

En rouge, le pourcentage de saturation en oxygène du sang.

B : Schéma général de la circulation chez la vache. (Cour d'Audrey Proust, 2013).

En bleu, le sang oxygéné.

En gris, le sang désoxygéné.

Introduction

La filière laitière est, depuis quelques années, en profonde mutation avec un redimensionnement des exploitations. En 26 ans, 72% des fermes ont disparu (L'économie laitière en chiffres – édition 2018). Le schéma français tend vers des élevages moins nombreux mais avec des cheptels de plus en plus importants. La naissance d'un veau devient un moment crucial dans la gestion d'une exploitation. Elle permet la production de lait ou de viande et assure la pérennité de l'entreprise avec les jeunes femelles qui vont venir renouveler le troupeau. Cependant, des problèmes peuvent survenir lors de cette étape déterminante. Dans les 24 heures suivant la naissance, des changements majeurs ont lieu au niveau de la physiologie du nouveau-né : passage d'une circulation placentaire à une circulation sanguine « normale » (Fig.1), mise en place des voies respiratoires aériennes (Colin, 2013), développement de sa propre immunité (Weaver et al., 2000). La venue au monde est donc particulièrement stressante pour le veau qui doit respirer, se nourrir, maintenir sa température corporelle et se défendre seul, dans un environnement nouveau, froid et rempli de pathogènes en tout genre. Tous ces changements font du veau un être fragile et sensible à de nombreuses pathologies (Dr Flahaut et al., 2018). D'autant plus que le veau naît agammaglobulinémique, c'est-à-dire déficitaire au niveau immunologique. Au cours de la gestation, le placenta syndesmochorial de la vache empêche la transmission d'anticorps au fœtus (Weaver et al., 2000). L'acquisition de l'immunité se réalise de manière passive via le colostrum, 1^{ère} sécrétion de la glande mammaire (Jaster, 2005). C'est ce transfert d'immunoglobulines qui confère au veau son immunocompétence (Stott et al., 1979). Les 3 principaux isotopes d'immunoglobulines contenus dans le colostrum sont les IgG (75% de la concentration totale), IgA et IgM (Korhonen et al., 2000). Un colostrum dit de bonne qualité doit contenir plus de 50 mg/mL d'IgG (Colin, 2013). Cependant, un colostrum de bonne qualité n'est pas suffisant. D'après une étude sur la mortalité bovine menée en France entre 2003 et 2009, sur 56 millions de naissances, 5,2% des veaux ne survivaient pas au-delà de 48 heures et 70% n'atteignaient pas les 6 mois. La proportion de mortalité entre laitiers et allaitants est respectivement de 7% et 4% (Perrin et al., 2011). Cela engendre une perte économique importante pour les éleveurs. Les principales causes de décès sont les infections du nombril, les diarrhées et les maladies respiratoires (Capdeville et al., 2014).

Créé en 1993, Nutrilac est une entreprise spécialisée dans la supplémentation nutritionnelle en libre-service (seaux, bassines, blocs, pierres à lécher...) et dans la diététique individuelle (bolus). En 2014, l'entreprise intègre le groupe Neovia, racheté début février 2019 par le groupe ADM. Aujourd'hui, 22 000 tonnes de produits sont fabriqués à l'usine de Verdon (62). 65% sont à destination de la France. 35% sont exportés dans une trentaine de pays d'Europe, au Moyen-Orient et en Asie. Au sein de la société, le pôle Recherche et Développement vise à développer, tester et optimiser les différents produits, notamment via le programme « Preuve de la Promesse ». Ce programme a pour objectif de démontrer l'efficacité des produits via des essais *in situ* de longue durée sur un spectre multi-espèces, multi-produits et multi-stades. C'est dans ce cadre que s'inscrit mon stage de fin d'études.

Le PULMOZEN® est un produit NUTRILAC de la gamme Minilic. Ce seau à lécher a été formulé pour accompagner les jeunes animaux durant les phases sensibles de leur développement notamment en soutenant les systèmes respiratoire et digestif. **L'objectif de l'étude est de déterminer la contribution du Minilic PULMOZEN® sur la croissance des veaux, la gestion du risque de coccidiose et la maîtrise de la prévalence des maladies respiratoires.** Plusieurs questions se posent : La supplémentation permet-elle aux veaux une croissance accrue, c'est-à-dire un poids et un gain moyen quotidien (GMQ) plus important ? La consommation du Minilic PULMOZEN® contribue-t-elle à réduire l'incidence des pathologies bovines ? Le niveau sanitaire des veaux supplémentés est-il plus favorable que celui des veaux non supplémentés ?



Fig.2 : Différence de consistance et de couleur entre les diarrhées d'origine alimentaire (A) et les diarrhées d'origine coccidienne (B). (Rousseau, 2006a) et (Dr Guérin, 2014).

A : Diarrhée blanche pâteuse.

B : Diarrhée noire hémorragique salissant l'arrière de l'animal.

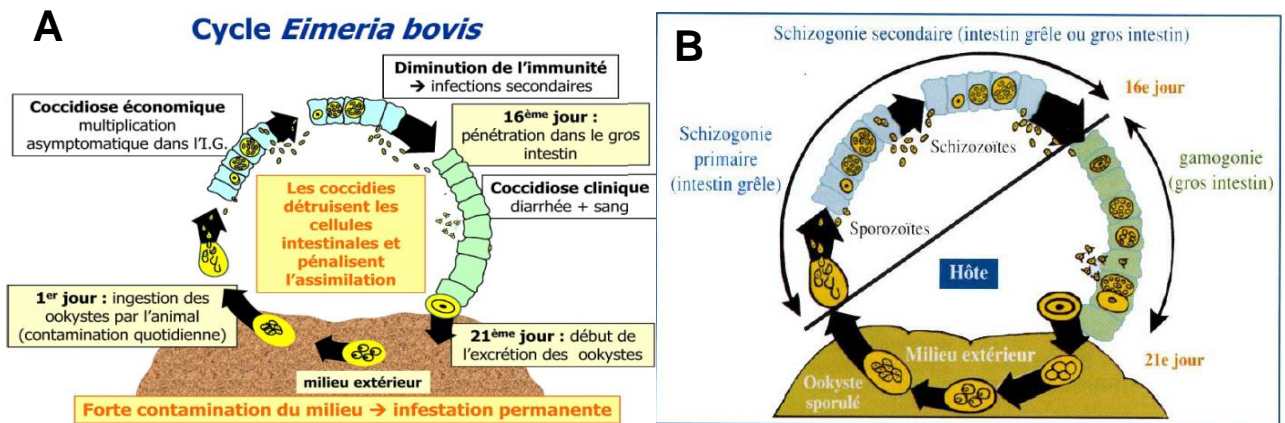


Fig.3 : Cycles coccidiens.

A : Cycle d'infestation d'*E. bovis*. (Dr Guérin, 2014).

B : Cycle biologique des coccidies. (La Coccidiose, d'après Foreyst, 1990).

Dans un premier temps, une synthèse bibliographique présentera les éléments de contexte sur les pathologies du veau et permettra de poser les hypothèses de travail. Puis, le protocole mis en place pour tenter de répondre à la problématique sera exposé. Les résultats de l'étude seront ensuite présentés et discutés avant de conclure quant à l'efficacité du seau Minilic PULMOZEN®.

I. Contexte sur les pathologies des jeunes bovins

Les jeunes bovins sont sujets à de nombreuses maladies durant leurs premiers mois de vie. Les pathologies les plus courantes et les plus préjudiciables sont les infections digestives et respiratoires.

A. Les pathologies digestives ont plusieurs sources

Les pathologies digestives sont très courantes chez les jeunes bovins et peuvent être fatales : 2 veaux sur 10 sont atteints de diarrhées lors du 1^{er} mois et 15% en meurent (Colin, 2013). Il est donc important de connaître et de pouvoir détecter ces maladies aux causes multiples afin de traiter au mieux les animaux (Fig.2).

1. Les diarrhées d'origine alimentaire

Les diarrhées d'origine alimentaire, dites blanches, sont dues à une mauvaise digestion. Un lait trop froid (< 35°C), trop riche (TB > 45 g/kg), ingéré en trop grosse quantité, mal reconstitué ou contaminé (mammites, antibiotiques) peut être mal absorbé et provoquer une diarrhée (Colin, 2013). Il est nécessaire d'opérer un changement d'alimentation.

2. Les diarrhées d'origine pathogène

Les diarrhées d'origine pathogène sont plus compliquées à identifier et à soigner car elles ont différentes sources (Dr Flahaut et al., 2018) :

- **Bactériennes** : Colibacilles, Salmonelles, Clostridies
- **Virales** : Rotavirus, Coronavirus
- **Parasitaires** : Cryptosporidies, Coccidies

Le Minilic PULMOZEN® permet de conforter le système digestif contre la coccidiose. Nous nous intéresserons donc plus spécifiquement à cet agent infectieux. La coccidiose est une maladie parasitaire causée par des coccidies, protozoaires sporulés du genre *Eimeria*. Les espèces pathogènes sont *E. Zuernii*, *E. Bovis* et *E. alabamensis* (Chanudet, 2012). Cette pathologie atteint les veaux âgés de 3 semaines à 6 mois (Maillet, 2016) et se transmet par voie oro-fécale. Les animaux infectés excrètent via les fèces des oocystes non sporulés. Une fois dans l'environnement, ces oocystes sporulent et deviennent des sporozoïtes pathogènes. Lorsqu'ils sont ingérés, les sporozoïtes pénètrent dans les cellules épithéliales de l'intestin grêle pour donner des schizontes. Une multiplication asexuée permet de produire une grande quantité de ces parasites qui vont pénétrer d'autres cellules intestinales pour produire la 2^{ème} génération de schizontes. Au 16^{ème} jour suivant l'ingestion, les schizontes infectent le gros intestin et deviennent des éléments sexués qui vont donner des oocystes. Au 21^{ème} jour, les œufs produits sont libérés par les fèces (Fig.3) (Dr Guerin, 2014). L'infection par les coccidies induit une immunité protectrice spécifique d'*Eimeria* (Maillet, 2016). Les adultes sont donc des porteurs asymptomatiques, c'est-à-dire qui ne présentent pas de symptôme de la maladie mais peuvent contaminer leur environnement. Ainsi, une vache atteinte contamine son petit lors du vêlage. Quelques semaines après, les veaux contaminent leur environnement (Dr Guerin, 2015).

Le chargement, les espaces confinés, l'humidité, la chaleur, le stress, la mise à l'herbe sont autant de facteurs favorisant l'apparition des signes cliniques de la maladie (Colin, 2013; Maillet, 2016).

Dans 95% des cas, la coccidiose est asymptomatique mais elle peut se manifester par des diarrhées profuses et hémorragiques, une perte de poids et un retard de croissance (Colin, 2013; Maillot, 2016). Les fèces d'un veau atteint de coccidiose sont aqueuses, de couleur rouge ou noire et salissent l'arrière du veau (Rousseau, 2006a). Pour diagnostiquer une coccidiose, il est nécessaire de procéder à une coproscopie : analyse des fèces (Dr Guerin, 2015). À noter qu'une grande partie des élevages comporte des coccidies mais il n'y a coccidiose que lorsque le nombre d'oocystes excrétés dépasse un certain seuil (1000 opg de fèces) (Dr Guerin, 2014).

B. Les pathologies respiratoires aux multiples facteurs

La Maladie Respiratoire Bovine (BRD) est une maladie multifactorielle complexe causée par la combinaison d'agents infectieux (Arcangioli et al., 2008; Karle et al., 2018) :

- **Virus** : Bovin Respiratory Syntical, Parainfluenza-3
- **Bactéries** : *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *Histophilus somni*, *Arcanobacterium pyogenes*, *Mollicutes*, *Mycoplasma dispar* et *Mycoplasma bovis*

La BRD se présente généralement comme une pneumonie ou une infection des voies respiratoires supérieures (Karle et al., 2018). La morbidité associée à cette maladie peut atteindre 100% et la mortalité entre 4 et 20% (Salt et al., 2007). Le stress et la densité des animaux sont des facteurs aggravant la prolifération de la BRD (Arcangioli et al., 2008).

Le noyau de plante utilisé dans la fabrication du Minilic PULMOZEN® possède des propriétés efficaces connues contre les virus BRSV et PI3V (Phytosynthèse). Ces derniers sont également largement retrouvés dans les recherches sur les maladies respiratoires des veaux (Arcangioli et al., 2008; Pardon et al., 2013; Blodörn et al., 2015). Nous traiterons donc ci-après ces pathogènes.

1. Bovin Respiratory Syncytial Virus (BRSV)

Le BRSV est un pneumovirus infectant les troupeaux du monde entier. La séroprévalence est de 30 à 70%. Le virus est responsable de plus de 60% des maladies respiratoires par épizooties pour les troupeaux laitiers et 70% pour les allaitants. Le BRSV est la principale cause virale de la BRD. Les veaux de moins de 6 mois sont principalement infectés avec une morbidité de 60 à 80% et une mortalité pouvant atteindre 20% selon les épidémies (Larsen et al., 2001; Valarcher and Taylor, 2007). Dans les régions endémiques (régions dans lesquelles le virus est présent de manière permanente), il peut contaminer des veaux entre 1 et 3 mois (Blodörn et al., 2015).

Le virus se transmet par contact direct ou par aérosol. L'Homme est un vecteur passif (Valarcher and Taylor, 2007). Une fois le virus dans l'organisme, il s'installe préférentiellement dans les voies respiratoires inférieures. Lors de sa réplication, il endommage les cellules épithéliales et permet aux bactéries d'envahir les poumons, causant une infection bactérienne secondaire (Larsen et al., 2001). L'ingestion de colostrum confère au veau une protection limitée contre le virus par la présence d'anticorps sériques (Blodörn et al., 2015). Après une période d'incubation de 2 à 5 jours, le veau infecté présente une toux et des écoulements nasaux et oculaires. Pour les infections les plus graves, les symptômes sont une dépression, une anorexie, de la fièvre, une polypnée (plus de 60 respirations par minute), une dyspnée abdominale et une bronchopneumonie ou bronchiolite.

Tab.1 : Comparaison de l'infection permanente (IP) et transitoire (IT) par le virus BVD chez le bovin.
 (d'après Contre la BVD - Groupements de Défense Sanitaire de l'Est).

	Infection Permanente (IP)	Infection Transitoire (IT)
Moment de l'infection	In utero(entre le 30 ^{ème} et le 125 ^{ème} jour)	Après la naissance
Durée d'infection	À vie	Durée variable (quelques semaines)
Charge virale	Très importante (réservoir à virus) Présence dans toutes les sécrétions et excréctions → Contamination verticale et horizontale	Principalement au pic d'excrétion (entre le 4 ^{ème} et le 10 ^{ème} jour post infection) Présence dans toutes les sécrétions et excréctions → Contamination verticale et horizontale
Réponse immunitaire	NON (immunotolérant)	OUI (présence d'anticorps)
Devenir de l'animal	À éliminer du troupeau dans les 15 jours suivant la détection	Pourra rester dans le troupeau une fois qu'il aura éliminé le virus

2. Parainfluenza-3 Virus (PI3V)

Le PI3V appartient à la même famille que le BRSV. Une infection aux PI3V provoque rarement une maladie grave mais prédispose l'animal aux infections secondaires. Lorsque le virus pénètre dans l'organisme, il modifie les protéines de surface des cellules épithéliales des voies respiratoires, endommage l'appareil ciliaire et augmente la viscosité du mucus. Cela crée un milieu propice à la colonisation et multiplication des bactéries (Dudek et al., 2009).

Les bactéries les plus souvent retrouvées associées aux PI3V sont les pasteurelles et plus précisément à *M. haemolytica* et *P. multocida*. Ces 2 bactéries font partie de la flore bactérienne commensale des voies respiratoires supérieures. Lorsque les défenses immunitaires d'un animal sont affaiblies, *M. haemolytica* et/ou *P. multocida* peuvent coloniser les poumons. Elles libèrent 2 toxines (lipopolysaccharides et leucotoxine) qui induisent le recrutement, l'activation et la nécrose des neutrophiles, à l'origine de la réponse inflammatoire des pneumonies bovines (Weinstein, 2001; Wallemacq et al., 2007; Dabo et al., 2008). Bien qu'il n'existe pas de traitement curatif pour les virus de la BRD, il est possible de vacciner les veaux avec des souches vivantes atténuées ou des virus atténués (Roy; Rousseau, 2006b).

C. La Bovine Viral Diarrhea (BVD), la plus importante maladie du bétail

La Maladie BVD est une maladie enzootique globale, la plus importante du bétail. Elle touche plus de 40 espèces à travers le monde (Khodakaram-Tafti and Farjanikish, 2017). Elle se présente sous 2 formes, une forme infraclinique ou bénigne (la plus courante) et une forme plus grave appelée « la maladie des muqueuses ». Malgré une faible morbidité, la mortalité est proche de 100% (Castrucci et al., 1992). Les pertes financières dues à la BVD s'élèvent à environ 30 millions d'euros par an sur le cheptel bovin national (GDS Haute-Loire, 2019).

1. Description et mode d'action du virus

La BVD est causée par un virus de la famille des Pestivirus. Ce virus est capable de traverser la barrière placentaire. Lorsqu'une vache est infectée à 30-45 jours de gestation, le taux de conception et la viabilité des embryons sont diminués ; à 30-125 jours, le veau est dit IP (infecté permanent) et à 120-150 jours l'infection peut provoquer avortement, mortinaissance et anomalie congénitale (APHIS, 2007). Les animaux IP sont virémiques à vie et immunotolérants aux virus homologues à la BVD. Environ 50% des veaux IP meurent pendant la 1^{ère} année de vie par infection d'autres agents (Khodakaram-Tafti and Farjanikish, 2017). Mais, s'ils survivent à l'âge adulte, ils deviennent des réservoirs à infection virale puisque toutes leurs sécrétions (nasales, respiratoires, génitales et mammaires) et excréments (urines et fèces) contiennent des charges virales. De plus, la progéniture d'animaux IP seront de fait IP (APHIS, 2007). Le virus peut également infecter les animaux de manière transitoire (Tab.1). Les infections transitoires (IT) se regroupent en 5 grandes catégories : aigue, sévère, hémorragique, maladie respiratoire et immunosuppression. Le virus se transmet généralement par contact direct ou indirect, par inhalation ou par matériel contaminé. C'est la transmission horizontale. La transmission du virus peut aussi être verticale, c'est-à-dire via le sperme, le transfert d'embryons ou les vaccins vivants modifiés. Lorsque le virus a pénétré l'organisme, il accède à la muqueuse oropharyngée, se réplique dans les cellules épithéliales et passe dans la circulation sanguine. Après 5 à 7 jours d'incubation, l'animal présente de la fièvre, une léthargie, une perte d'appétit, de la diarrhée, des pertes oculaires et nasales et des lésions buccales. Les problèmes engendrés par la BVD sont nombreux et variés : baisse de la fertilité, baisse de la production laitière, croissance réduite, diarrhées, symptômes respiratoires, troubles de la reproduction...(Khodakaram-Tafti and Farjanikish, 2017). Il n'existe pas de traitement pour cette maladie. Les animaux peuvent être protégés par des vaccins à virus vivants modifiés ou tués. La vaccination ne peut pas se faire pendant la gestation.(APHIS, 2007).

Tab.2 : Diagnostic de l'infection permanente (IP) et transitoire (IT) par le virus BVD chez le bovin.
(d'après Contre la BVD - Groupements de Défense Sanitaire de l'Est).

	1 ^{ère} recherche virologique	2 ^{ème} recherche virologique (1 mois après la 1 ^{ère})
Infection Permanente (IP)	+	+
Infection Transitoire (IT)	+	-
+ = Positif - = Négatif		

2. Mise en place d'un plan national d'éradication

La Norvège, la Suède, la Finlande, la Suisse, le Danemark et l'Autriche ont complètement éradiqué la maladie ; L'Allemagne, l'Irlande, le Luxembourg et la Belgique sont en cours. La France suit l'exemple de ses voisins européens avec la mise en place d'un plan d'éradication national. Les objectifs sont de stopper les pertes sanitaires et économiques, assurer la valorisation commerciale des animaux, assurer la sérénité des éleveurs, s'inscrire dans une lutte contre l'antibiorésistance et respecter le bien-être animal (GDS France, 2017).

Ce programme se déroule en 3 phases (Contre la BVD) :

- **Phase active d'éradication** : dépistage des veaux à la naissance (Tab.2),
- **Phase de surveillance sérologique** : recherche des anticorps sur une partie du troupeau,
- **Phase de prévention de statut d'une zone.**

Le programme s'appuie sur un arrêté ministériel dont la signature est prévue courant 2019 pour une application début 2020. Cet arrêté est construit sur 3 grands axes (FIDOCL, 2018) :

- **Assainissement obligatoire des foyers** : recherche et élimination des IP (dès la publication de l'arrêté).
- **Recherche généralisée des bovins infectés** (report possible maximum 4 ans après publication de l'arrêté).
- **Statut favorable avant mouvement** : pour tout mouvement, un statut non IP est exigé (report possible maximum 4 ans après publication de l'arrêté).

Concrètement, des boucles d'identification et préleveuses seront envoyées pour chaque commande à partir de l'automne 2019. Lors de la pose, un échantillon de cartilage est prélevé et envoyé au laboratoire pour analyse. Si le veau est séronégatif, l'éleveur continue le dépistage de ses nouveau-nés. Si le veau est séropositif, l'éleveur a 15 jours pour l'euthanasier ou l'emmener à l'abattoir. Tous les bovins de son troupeau sans statut BVD devront être dépistés par prise de sang dans le mois suivant (GDS Haute-Loire, 2019). L'ensemble des frais inhérents à ce programme sont à la charge des éleveurs. Ils peuvent se faire indemniser par le GDS de leur département s'ils cotisent pour la prophylaxie BVD et/ou à l'assurance IP (GDS Haute-Loire, 2019).

D. Expression physiologique du statut inflammatoire

Toute infection ou infestation d'un animal va avoir un impact sur son statut inflammatoire. Le statut inflammatoire des bovins est évalué par dosage de l'haptoglobine (Hp). L'Hp est la protéine majeure de la phase aigüe de l'inflammation chez le bovin puisque les taux physiologiques sont presque indétectables chez les animaux sains mais augmentent fortement en cas d'inflammation aigüe. Les concentrations sériques d'Hp commencent à augmenter 12 à 24 heures après le début du phénomène inflammatoire (Humblot and Godeau, 2005).

E. Présentation du produit testé, le Minilic PULMOZEN®

Le Minilic PULMOZEN® est un aliment complémentaire, c'est-à-dire apportant les vitamines, minéraux et oligo-éléments nécessaires pour répondre à un objectif mais ne pouvant se substituer à la ration de base (Anses). Les oligo-éléments, minéraux et vitamines incorporés à la formule ont des effets zootechniques divers dont le but est de maintenir l'intégrité pulmonaire et intestinale, tout en stimulant le système immunitaire. Le calcium, le magnésium, le manganèse et le phosphore contribuent à la synthèse de cartilage, au métabolisme et au développement osseux et à la minéralisation de l'os. L'iode, le sélénium, le zinc et la vitamine C renforcent le système immunitaire et jouent un rôle dans la régulation du stress oxydatif. Le sodium régule l'absorption cellulaire de glucose, acides aminés, phosphates... (INRA 2018, 2018). Le sucre développe la flore du rumen et stimule la salivation.



Fig.4 : Répartition géographique des exploitations ayant participé à l'essai. (Google maps).

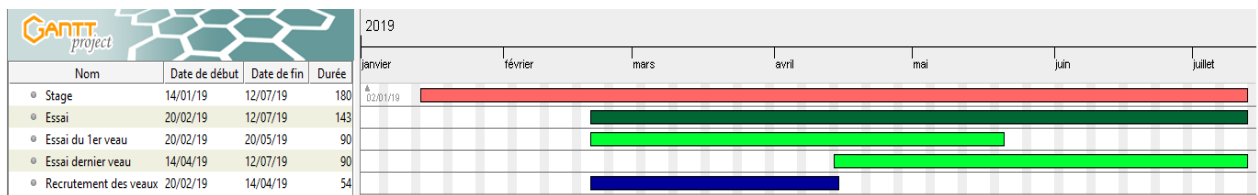


Fig.5 : Diagramme de Gantt représentant le temps disponible pour faire naître l'ensemble des veaux de l'essai.

Rose : période de stage.

Vert foncé : Durée totale de l'essai.

Vert clair : Durée de l'essai pour le 1^{er} et le dernier veau.

Bleu : Durée restante pour recruter l'ensemble des veaux (le recrutement commence le 1^{er} jour de l'essai et fini 90 jours avant la fin de l'essai).

Le Minilic PULMOZEN® comporte également 2 noyaux de plantes **PULMO-MAX®** et **PROTECT-MAX®** afin de conforter les systèmes respiratoire et digestif. Ces noyaux comportent des terpénoïdes, saponines, terpènes et alcaloïdes. Les terpénoïdes et saponines diminuent l'infestation intestinale en perturbant le développement des protozoaires par interactions membranaires. Ils maintiennent l'intégrité cellulaire et ont une action anti-inflammatoire. Les terpènes augmentent la production de mucus et fluidifient le surfactant alvéolaire dans le but de décongestionner l'animal. Les alcaloïdes augmentent la production de lymphocytes et stimulent la phagocytose. Les huiles essentielles présentes préviennent des infections par leur activité antibactérienne (Phytosynthèse). L'ensemble de la composition du produit est présenté en annexe 1.

Quatre hypothèses sont émises :

- Les veaux supplémentés excrètent moins d'œufs de coccidies que les veaux non supplémentés.
- L'infection virale aux BVD, BRS et PI3 est moins importante chez les veaux ayant à disposition le Minilic PULMOZEN®.
- Le statut inflammatoire est plus faible et le niveau sanitaire plus favorable chez les animaux consommant le seau.
- La consommation du seau à lécher induit un poids et un GMQ plus élevé.

II. Matériels et Méthodes

L'étude, menée du 20 février au 12 juillet 2019, est un essai terrain *in situ*.

A. Élevages

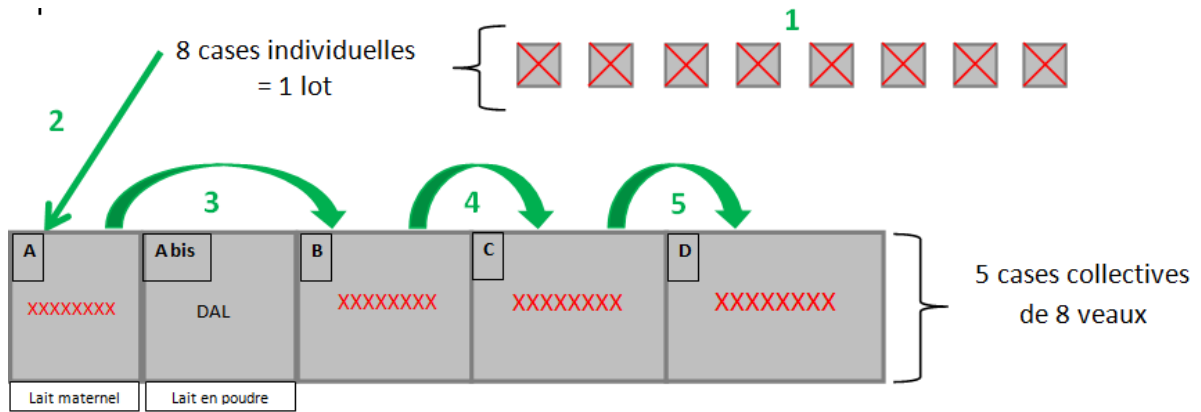
L'essai se déroule dans 2 exploitations. Le 1^{er} élevage (E1) se situe dans le Douaisis (Nord). Il est composé de 70 vaches laitières. 5 veaux femelles de race Prim'Holstein (PH) et 1 veau femelle Montbéliard (MT) ont participé à l'essai. Le 2^{ème} élevage (E2) se situe dans l'Avesnois (Nord). Il est composé de 300 vaches laitières. 32 veaux ont participé à l'essai : 17 femelles (13 PH ET 4 MT) et 15 mâles (11 PH et 4 MT).

La répartition géographique des élevages est présentée en figure 4.

B. Animaux

38 veaux sont intégrés à l'essai dès leur naissance jusqu'au sevrage : 18 ♀ PH, 5 ♀ MT, 11 ♂ PH et 4 ♂ MT. Le nombre d'animaux a été conditionné par la difficulté à trouver des exploitations acceptant de participer à l'essai et le temps imparti pour sa réalisation (Fig.5).

De la naissance jusqu'à 3 semaines, les veaux sont logés en case individuelle d'environ 1,50 m². Ils passent ensuite en case collective de 30 m² avec 6 veaux sur litière paillée (E1) et de 50 m² avec 15 veaux sur litière paillée (E2). Le colostrum est distribué à raison de 4 L au 1^{er} repas et 3 L au 2^{ème}. Les veaux sont ensuite nourris au lait : 2 repas de 2 L pendant les 3^{èmes} semaines, 2 repas de 2,5 L jusqu'à 1 mois et demi et 2 repas de 4 L et environ 2 kg de grains par jour par animal de 1 mois et demi à 2 mois et demi. Deux semaines avant le sevrage, les veaux passent à 1 repas de 3 L de lait par jour avec 2 repas de 20 kg chacun d'aliments grains + paille pour le lot. L'eau est donnée *ad libitum*.



Les 8^{es} veaux = 1^{er} lot CTL, les 8 veaux suivants = 1^{er} lot TESTE, les 8 suivants = 2^{ème} lot TESTE et les 8 suivants = 2^{ème} lot CTL.

1 : Les 8^{es} veaux (= Lot CTL n°1) restent en case individuelle jusque 3 semaines.

2 : Le 1^{er} lot passe dans la case collective A. Les 8 veaux suivants (= Lot TESTE n°1) restent en case individuelle jusque 3 semaines.

3 : Le lot de la case A passe dans la case B. Le lot en case individuelle passe dans la case A.

Et ainsi de suite ...

Alterné les naissances entre CTL et TESTE ou établir un plan de mise en lot randomisé obligerait à placer les veaux dans les cases A et Abis où l'alimentation de départ diffère (lait maternel vs lait en poudre) ce qui induirait un biais.

Fig.6 : Schéma du plan de mise en lot des veaux de l'exploitation avesnoise.

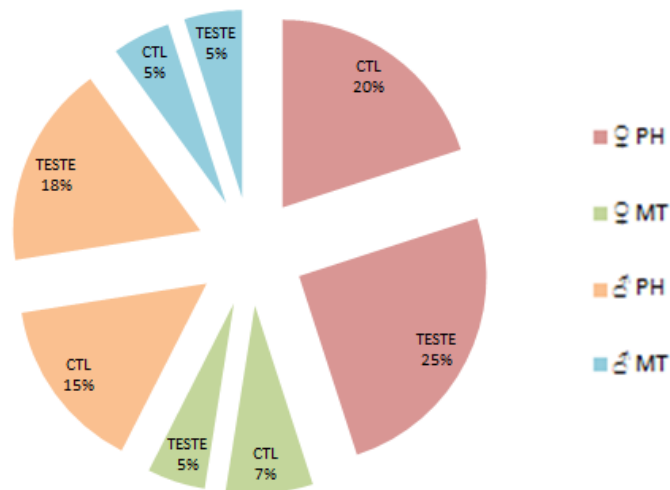


Fig.7 : Répartition de l'effectif des veaux en fonction du sexe, de la race et du lot.



Fig.8 : Photos représentant les seaux Minilic PULMOZEN® de 5 kg (A) et 15 kg (B). (Photos personnelles).

C. Schéma expérimental

Un veau rentre dans l'essai dès sa naissance (J0) et y reste jusqu'au sevrage (J90). Deux lots sont constitués :

- **Contrôle (CTL)** : lot témoin sans supplémentation nutritionnelle ajoutée.
- **Testé (TESTE)** : lot ayant à disposition le seau à lécher Minilic PULMOZEN®.

Dans l'exploitation douaisienne, les veaux sont attribués à un lot par alternance CTL/TESTE.

Dans l'exploitation avesnoise, les veaux sont attribués à un lot comme suit : les 8^{ers} veaux forment le 1^{er} lot CTL, les 16 suivants les 2 lots TESTE et les 8 suivants le 2^{ème} lot CTL. Cette façon de procéder a été conditionnée par la conception des bâtiments et des cases collectives ainsi que par le plan d'alimentation et le temps imparti pour constituer les 4 lots (2 CTL et 2 TESTE) (Fig.6).

Dans le lot CTL, il y a 8 ♀ PH, 3 ♀ MT ($n_{♀} = 11$) et 6 ♂ PH, 2 ♂ MT ($n_{♂} = 8$). Dans le lot TESTE, il y a 10 ♀ PH, 2 ♀ MT ($n_{♀} = 12$) et 5 ♂ PH, 2 ♂ MT ($n_{♂} = 7$). La répartition Sexe/Race/Lot est présentée en figure 7.

Le produit testé (**Minilic PULMOZEN®**) se présente sous forme d'un seau à lécher de 5 kg lorsque les veaux sont en niches individuelles puis de 15 kg pour les cases collectives (Fig.8). Il est laissé libre et facile d'accès par l'ensemble des animaux du lot TESTE dès la naissance. La consommation préconisée par Nutrilac est de 50 g/veau/jour. La conduite des veaux reste celle établie sur les exploitations en ce qui concerne l'alimentation, le logement (en respectant la séparation physique des lots) et les soins.

D. Données recueillies

1. Suivi des naissances et qualité du colostrum

L'éleveur renseigne à chaque naissance, la date du vêlage, le numéro du veau, le lot, le sexe et la race et s'il s'agit d'une naissance gémellaire. La qualité de chaque colostrum est contrôlée par les éleveurs par lecture au réfractomètre. L'appareil fournit un pourcentage de Brix qui fait référence à la concentration en IgG de l'échantillon (annexe 2) (Refractomètre Vetalhy).

Pour ce faire, les éleveurs avaient à disposition le tableau présent en annexe 3.

2. Suivi de l'alimentation

Le type et la quantité d'aliments donnés aux veaux sont renseignés par les éleveurs. Pour ce faire, les éleveurs avaient à disposition un tableau où ils devaient remplir les cases : Type d'aliment, quantité donnée, période sur laquelle ce type d'aliment a été donné, quantité refusée, date de changement de seau (annexe 4).

3. Consommation des seaux

Afin de vérifier que la consommation recommandée par Nutrilac est bien respectée et pouvoir interpréter les résultats en fonction de la consommation du produit, les seaux de 5 kg sont pesés à la fin de la période case individuelle pour chaque veau. Lors de la période case collective, la date de changement des seaux est renseignée. La consommation moyenne quotidienne par veau est estimée en fonction de la durée de service du seau et le nombre d'animaux qui l'ont léché.



Fig.9 : Photos montrant comment se déroule un prélèvement de fèces fraîches rectales.

(Photos personnelles).

A : Le rectum est stimulé à l'aide d'un thermomètre.

B : Les fèces sont récupérées directement à la sortie du rectum dans un tube propre et sec.

C : Exemples d'échantillons de fèces.

4. Suivi de la croissance

La croissance de chaque veau est suivie par mesure du tour de poitrine à J0, J45 et J90 par les éleveurs. Pour ce faire, ils avaient à disposition un tableau dans lequel ils devaient remplir les cases : Numéro du veau, date et tour de poitrine en cm pour la naissance, 1 mois et demi et sevrage (annexe 5). Une conversion est effectuée pour obtenir le poids de l'animal selon le tableau présent en annexe 6 (Loubette et Moinel, 2006). Le GMQ des animaux est obtenu par la formule suivant : (poids à J45 – poids à J0) / 45 jours.

5. Suivi du cahier sanitaire

Toutes les interventions effectuées sur les veaux, qu'elles soient réalisées par l'éleveur, le vétérinaire ou une autre personne sont renseignées. Le motif, le type d'intervention, la durée, le coût et le traitement mis en place sont notifiés (annexe 7). Cela permet de constater si les animaux du groupe TESTE ont un niveau sanitaire supérieur aux animaux du groupe CTL et de pouvoir apprécier le retour sur investissement pour l'éleveur.

6. Prélèvements de fèces

Pour déterminer si un animal est infesté par des coccidies, des prélèvements de fèces fraîches rectales sont réalisés chez tous les animaux à J30, J60 et J90 (Fig.9). Les échantillons sont conservés dans des pots hermétiques à température ambiante et envoyés au laboratoire Cœur de France EUROFINS (réception dans les 24 heures) pour dénombrement et identification des oocystes excrétés.

Cette étude coproscopique repose sur la méthode de flottaison : après homogénéisation de l'échantillon, 5 g de fèces sont mélangés à du chlorure de zinc (liquide dense). La solution est mélangée, filtrée et versée dans une cellule de filtrat, appelée cellule de McMaster. L'ensemble est laissé au repos 5 à 10 min pour que les œufs remontent à la surface du liquide. La cellule est ensuite lue dans sa totalité à l'objectif G20. L'observateur reporte le nombre d'éléments parasitaires comptés par espèce. Pour une lecture plus fine des éléments trop lourds ou en trop faible quantité, une partie du filtrat est déposé sur une lamelle. Cette dernière est lue dans sa totalité au microscope (objectif G20). Les résultats obtenus sont exprimés en nombre d'éléments parasitaires observés (par espèce) par gramme de matière fécale (EUROFINS).

7. Prélèvements sanguins

Les prélèvements de sang permettent de doser l'haptoglobine et d'identifier la présence du virus BVD. Ils sont réalisés dans des tubes secs de 300 µL par un vétérinaire au niveau de la veine jugulaire chez tous les animaux à J0, J45 et J90. Conservés à température ambiante, ils sont envoyés au laboratoire IODOLAB pour le dosage de l'haptoglobine et au laboratoire Cœur de France EUROFINS pour l'analyse BVD (réception dans les 24 heures).

a) Statut inflammatoire

Le dosage se réalise par immunodiffusion radiale : les échantillons sont traités par un agent réducteur, la L-Cystéine qui dépolymérise les ponts disulfure de l'Hp. La gamme étalon et les échantillons sont ensuite déposés dans une plaque de gélose contenant un antisérum spécifique de la protéine à doser. Lorsque la solution se diffuse dans la gélose, l'Hp réagit spécifiquement avec l'antisérum et forme des précipités circulaires. La surface de ces précipités est proportionnelle à la concentration en Hp. Les diamètres des échantillons sont mesurés et reportés sur la droite d'étalonnage afin de déterminer la concentration en Hp. Les résultats obtenus sont exprimés en mg/L (IODOLAB).

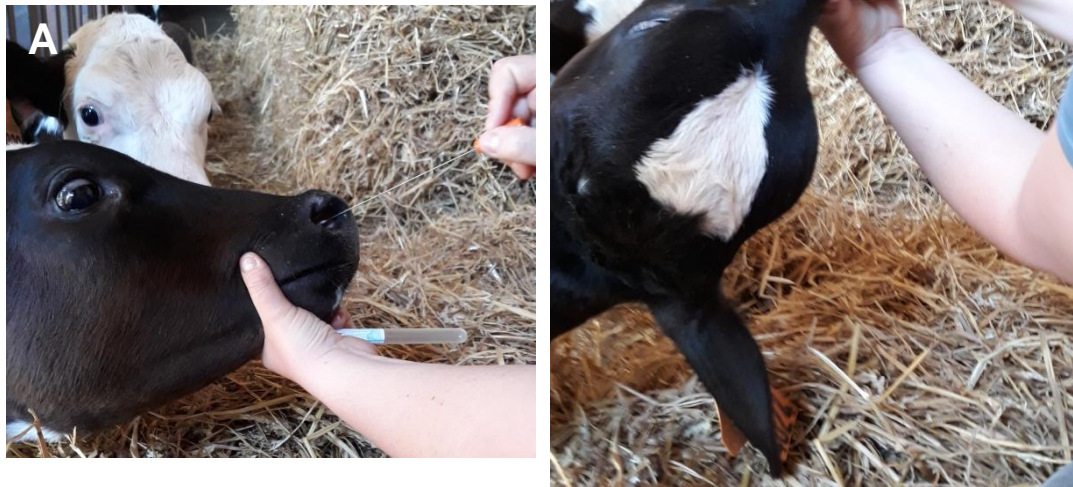
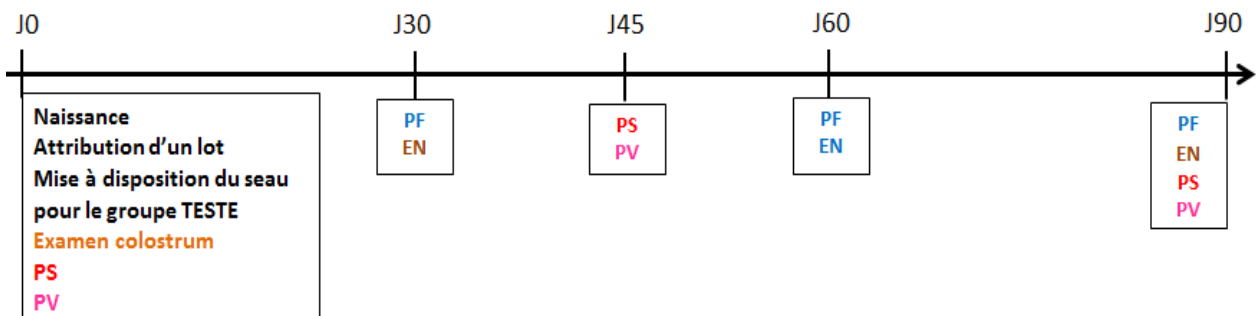


Fig.10 : Photos montrant comment se déroule un prélèvement d'écouvillons nasaux.
 (Photos personnelles).
 A : L'écouvillon est enfoncé dans le conduit nasal jusqu'à la garde.
 B : L'écouvillon est frotté contre les parois nasales pendant 10 sec.

Déroulement de l'essai pour un veau



LEGENDE :

EN = Écouvillons nasaux
 PF = Prélèvement de fèces
 PS = Prise de sang
 PV = Pesée des veaux

+ Le cas échéant

- Alimentation
- Consommation des seaux
- Relevé des éventuelles interventions sur veau

Fig.11 : Frise chronologique des différentes prises de mesures pour un veau.

b) BVDV

Le niveau d'infection virale des veaux est évalué au niveau sanguin par dosage sérique du virus. Pour obtenir le sérum, le sang coagulé est centrifugé afin de séparer le sérum (surnageant) du caillot sanguin (cellules sanguines). Le virus de la BVD est détecté sur sérum par RT-PCR en temps réel, technique d'amplification d'une séquence cible du génome de ce virus. La 1^{ère} étape consiste à extraire l'ARN viral des échantillons à l'aide de kits d'extraction. La 2^{ème} étape est l'extraction des témoins positifs cibles et non cibles exogènes, des témoins négatifs d'extraction et des témoins négatifs d'amplification. Ces témoins permettent d'évaluer l'efficacité de l'extraction et de détecter la présence d'inhibiteurs de la PCR. L'étape suivante est l'amplification par RT-PCR en temps réel. Dans les puits de la microplaque, sont déposés le mélange réactionnel d'amplification et le mix réactionnel. Ce dernier est l'ARN extrait des échantillons ou l'ARN extrait des témoins. S'ensuit le programme d'extraction. À la fin, soit le signal est détecté (animal positif au virus) soit non (animal négatif au virus) (EUROFINS).

8. Prélèvements d'écouvillons nasaux (EN)

Le niveau d'infection virale des veaux est complété par l'analyse des virus BRS et PI3 sur prélèvements nasaux profonds (Fig.10).

Les échantillons sont extraits par mélange de l'écouvillon avec une solution de lyse des cellules et une solution de dénaturation des protéines. Après agitation, l'écouvillon est écrasé sur la paroi du microtubule afin de récupérer la solution à étudier. Les virus BRS et PI3 sont ensuite détectés par RT-PCR en temps réel comme décrit précédemment (EUROFINS).

La figure 11 présente le cadencement des différentes mesures effectuées sur un veau pendant sa période d'essai.

E. Analyses statistiques

Les résultats des 2 exploitations sont réunis pour l'analyse statistique puisque les effectifs sont déséquilibrés (n=32 versus n=6). Les variables testées sont la teneur en IgG du colostrum (quantitative), la consommation du Minilic PULMOZEN® (quantitative), le taux d'excrétion d'œufs de coccidies à J30 et J60 (quantitatives), l'infection virale au BVD, BRS et PI3 (qualitatives), le taux d'haptoglobine (quantitative), le poids des veaux à J0, J45 ainsi que leur GMQ (quantitatives) et le nombre d'interventions sanitaires subies par un veau (quantitative). Les données sont analysées avec le logiciel R®.

La normalité de chaque variable est vérifiée avec le Test de Shapiro qui teste l'hypothèse nulle H_0 : la population suit une Loi Normale. L'homogénéité et homoscedasticité des lots sont vérifiées avec le Test de Bartlett qui teste l'hypothèse nulle H_0 : les variances sont identiques.

Les tests paramétriques utilisés pour l'étude des variables normales sont l'ANOVA et la Régression Linéaire. L'ANOVA est une analyse de la variance qui suit le modèle suivant $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ où Y est la quantité de produit consommée, α_i est le $i^{\text{ème}}$ veaux de sexe mâle ou femelle, β_j est la $j^{\text{ème}}$ race, $\alpha\beta_{ij}$ l'interaction sexe/race et $\varepsilon_{ijk} \sim N(0 ; \Theta)$ la résiduelle regroupant tout ce qui n'a pas été pris en compte dans le modèle. Il teste l'hypothèse nulle H_0 ($\alpha\beta_{ij} = \alpha\gamma_{ik} = \beta\gamma_{jk} = \alpha\beta\gamma_{ijk} = 0$), le sexe et la race n'ont pas d'effet sur la quantité de produit consommée. La Régression Linéaire suit le modèle $Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ où Y est la variable à expliquer, X_i est la variable explicative affectée d'un facteur β_1 , coefficient directeur de la droite et $\varepsilon_i \sim N(0 ; \Theta)$ la résiduelle regroupant tout ce qui n'a pas été pris en compte dans le modèle. Il teste l'hypothèse nulle ($\beta_1 = 0$), X n'a pas d'effet significatif sur Y.

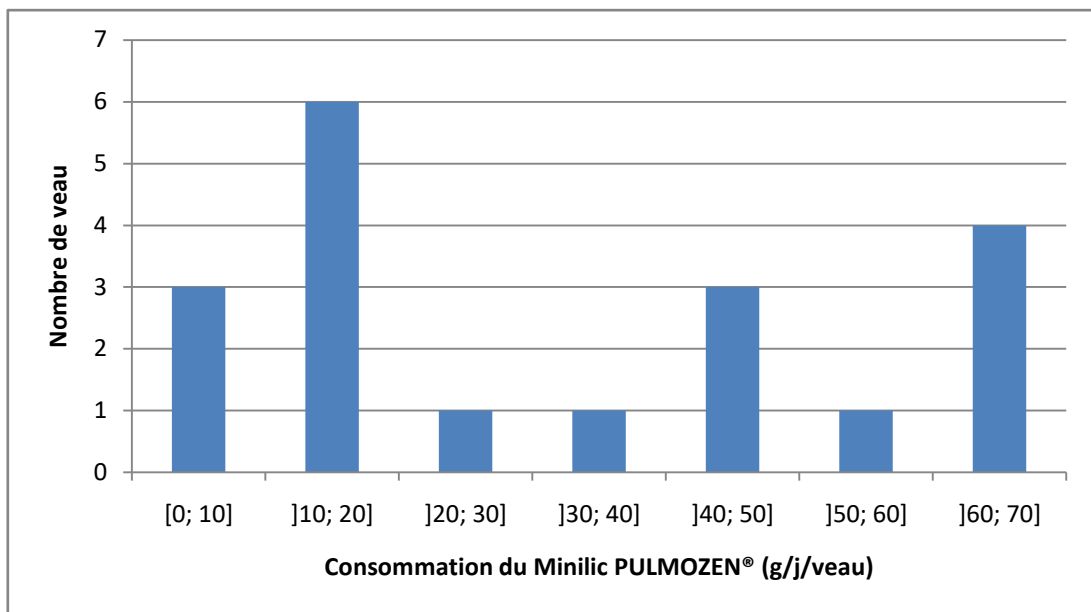


Fig.12 : Histogramme représentant le nombre d'animaux pour chaque classe de consommation en Minilic PULMOZEN® (g/j/veau).

Pour les variables ne suivant pas une Loi Normale, les tests non paramétriques utilisés sont le test de Mann-Whitney (test de comparaison de médiane qui teste l'hypothèse nulle H_0 : la distribution de la variable quantitative est la même dans les 2 groupes et les échantillons ont la même position) et la Corrélation de Spearman (test de corrélation non affine qui cherche un coefficient de corrélation entre les rangs des valeurs de 2 variables).

Pour chaque test, la p-value est calculée. Il s'agit de la probabilité d'obtenir la même valeur ou une valeur encore plus extrême que la statistique de test sous l'hypothèse nulle.

III. Résultats

Seuls la qualité du colostrum, la quantité de seau consommée, le poids des veaux et leur GMQ suivent une Loi Normale.

L'analyse préliminaire des résultats de la qualité du colostrum, de l'excrétion des œufs de coccidies par les veaux et de l'infection virale au BVD, BRS et PI3 a révélé que ces paramètres ne présentent aucune différence significative entre les 2 sexes et les 2 races. Ces 2 variables seront donc retirées des modèles d'analyse des paramètres précédemment cités.

A. Description des apports immunitaires

Les apports immunitaires apportés aux veaux sont de 2 natures : le colostrum et la supplémentation nutritionnelle.

1. Tous les veaux reçoivent la même qualité de colostrum

La qualité du colostrum a été mesurée chez 37 veaux (CTL=18, TESTE=19). Les veaux CTL reçoivent en moyenne 73 ± 21 g d'IgG / L de colostrum. Les veaux du groupe TESTE reçoivent en moyenne 76 ± 12 g d'IgG / L de colostrum. L'analyse de variance n'a montré aucune différence significative entre les 2 lots ($p=0,5$).

2. Une hétérogénéité des consommations du Minilic PULMOZEN®

La consommation des seaux est très hétérogène. Elle est en moyenne de 32 ± 22 g/j/veau ($n=19$) en case individuelle. Elle varie de 5 g/j/veau à 70 g/j/veau (Fig.12). En case collective, elle est en moyenne de 24 ± 15 g/j/veau ($n=16$).

Les femelles, les mâles, les montbéliards et les prim'holstein consomment la même quantité de produit, respectivement 32 ± 26 g/j/veau, 32 ± 17 g/j/veau, 19 ± 15 g/j/veau et 36 ± 23 g/j/veau ($p_{\text{sexe}}=0,7$, $p_{\text{race}}=0,3$, test ANOVA).

Un test de corrélation de Spearman n'a pas montré de lien entre la qualité du colostrum et la consommation du produit ($p=0,4$).

B. Étude de l'infestation par les coccidies

L'excrétion d'œufs de coccidies a été mesurée chez 32 veaux (15 CTL et 17 TESTE) à J30 et 16 veaux (7 CTL et 9 TESTE) à J60.

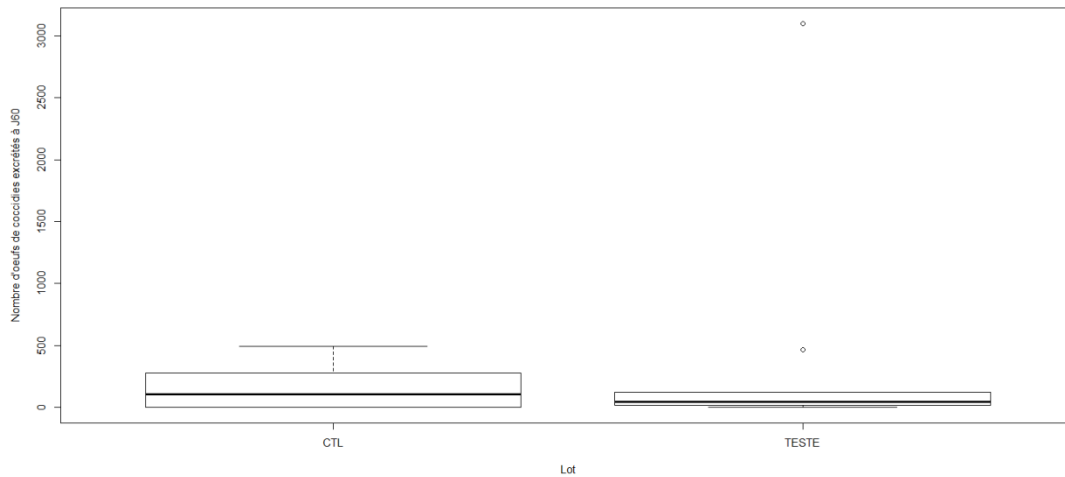


Fig.13 : Diagramme en boîte de la répartition du taux d'excrétion d'œufs (en opg) à J60 selon le lot (CTL vs TESTE).

Ce diagramme représente les valeurs maximales (haut de la boîte), minimales (bas de la boîte), les médianes (en gras), les barres d'erreurs et les valeurs extrêmes (ronds). On peut observer une barre d'erreurs importante pour le lot CTL, des valeurs très extrêmes pour le lot TESTE et des médianes proches.

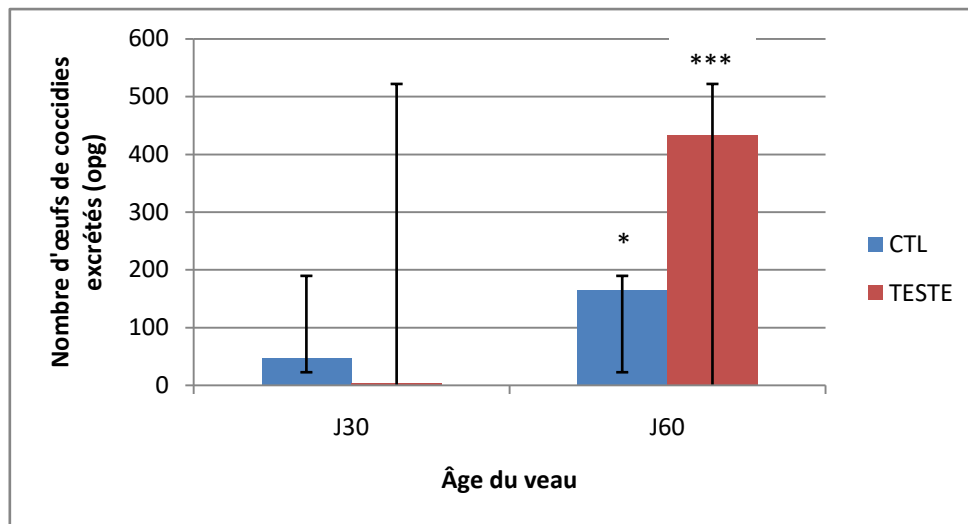


Fig.14 : Histogramme du taux d'excrétion d'œufs de coccidies (opg) en fonction de l'âge (J30 vs J60) et du lot (CTL vs TESTE).

À gauche sont représentées les moyennes d'œufs excrétés à J30 affectées des écarts-types. À droite, ce sont celles à J60. Le lot CTL est en bleu et le lot TESTE est en rouge. À J60, le nombre d'œufs excrétés est plus élevé qu'à J30 pour les CTL ($n=16$, $*p=0,05$) et pour les TESTE ($n=16$, $***p=0,001$).

Tab.3 : Pourcentages de présence des différentes espèces de coccidies selon l'âge (J30 vs J60) et le lot (CTL vs TESTE). ($n=7$, $*p=0,05$)

	<i>E. Bovis</i>		<i>E. ellipsoïdalis</i>		<i>E. zuernii</i>		<i>E. alabamensis</i>	
	J30	J60	J30	J60	J30	J60	J30	J60
CTL	38%	78%	50%	42%	50%	0%	25%	3%
TESTE	16%	72%	69%	70% *	16%	43%	0%	9%

1. L'âge et la supplémentation nutritionnelle n'ont pas d'impact sur l'excrétion d'œufs

Sur les 32 individus à J30, 3 excrètent des œufs de coccidies, **2 CTL** (675 et 30 opg) et **1 TESTE** (60 opg).

À J60, les veaux libèrent **13 fois** plus qu'à J30 ($n=16$, $p=0,001$). Seuls 4 veaux sont négatifs à l'analyse coproscopique. Les veaux CTL ($n=7$) excrètent en moyenne 165 ± 202 opg soit **3,5 fois** plus qu'à J30 ($p=0,05$). La médiane se situe à 105 opg. Chez les veaux TESTE ($n=9$), la moyenne est de 433 ± 1011 opg soit **123 fois** plus d'œufs qu'à J30 ($p=0,001$). La médiane se situe à 45 opg. L'analyse de comparaison de médiane n'a **pas révélé de différence significative** entre le lot supplémenté et non supplémenté ($p=0,9$). La distribution des taux d'excrétion à J60 est présentée en figure 13. Les niveaux d'excrétion en fonction de l'âge et de la supplémentation sont présentés en figure 14.

Un test de corrélation de Spearman montre que les différences de consommation du Minilic PULMOZEN® observées n'influencent pas le nombre d'œufs ($p=0,2$).

À noter qu'un seul veau est atteint de **coccidiose** (3100 opg à J60). Il appartient au groupe TESTE.

2. La qualité du colostrum n'influence pas le niveau d'excrétion des œufs

Étant donné l'effectif extrêmement faible d'animaux infestés à J30, aucune analyse statistique ne peut être réalisée. En revanche, on remarque que le veau le plus atteint (675 opg) a reçu un colostrum de **très bonne qualité**, l'un des plus riches en IgG (107 g/L).

À J60, nous n'observons **pas de corrélation significative** (corrélation de Spearman) entre le niveau d'excrétion et la qualité du colostrum reçu par les veaux ($p=0,6$).

3. Les espèces de coccidies présentes sont majoritairement pathogènes

Les résultats de la coproscopie expriment en pourcentage la présence de chaque espèce de coccidies. À J30 on retrouve *E. ellipsoïdalis* (39,5%), *E. zuernii* (33%), *E. bovis* (30%) et *E. alabamensis* (25%). Les 3^{èmes} espèces sont pathogènes.

À J60, les espèces excrétées sont : *E. bovis* (76%), *E. ellipsoïdalis* (64%), *E. zuernii* (43%) et *E. alabamensis* (7%). Toutes les espèces ne sont pas présentes chez tous les veaux mais plusieurs espèces peuvent être identifiées chez un même veau. Sur 7 animaux CTL, tous excrètent ***E. bovis*** (moyenne de **78%**), 2 excrètent ***E. ellipsoïdalis*** (moyenne de **42%**) et 1 excrète ***E. alabamensis*** (**3%**). Sur les 9 veaux TESTE, 2 excrètent ***E. bovis*** (moyenne de **72%**), tous excrètent ***E. ellipsoïdalis*** (moyenne de **70%**), 1 excrète ***E. zuernii*** (**43%**) et 2 excrètent ***E. alabamensis*** (**9%**). Seul le pourcentage de présence d'***E. ellipsoïdalis*** est significativement plus élevé chez les veaux supplémentés ($p=0,05$) (Tab.3).

Les veaux, qu'ils soient CTL ou TESTE, renferment majoritairement des espèces pathogènes. Il n'y a aucune corrélation significative entre le taux d'excrétion d'œufs à J60, la consommation du Minilic PULMOZEN® et la qualité du colostrum sur le taux de présence de chaque espèce.

On observe une corrélation négative entre les présences d'*E. bovis* et *E. ellipsoïdalis* ($p=0,001$, coefficient = -0,92), c'est-à-dire que plus *E. ellipsoïdalis* est présent moins il y a d'*E. bovis*.

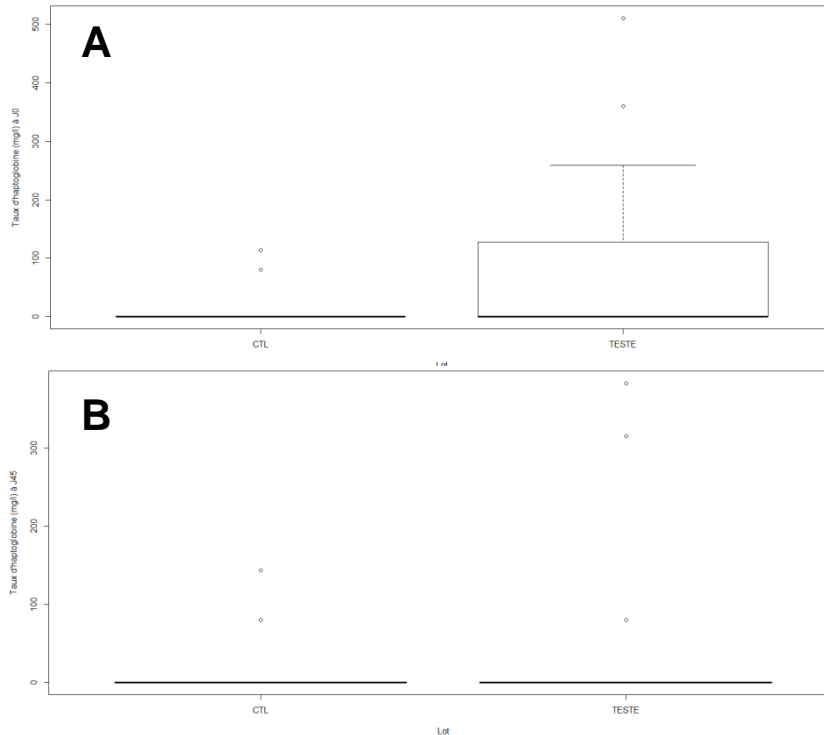


Fig.15 : Diagramme en boîte de la répartition du taux d’haptoglobine (mg/L) à J0 (A) et J45 (B) selon le lot (CTL vs TESTE).

A : Distribution du taux d’haptoglobine à J0.

B : Distribution du taux d’haptoglobine à J45.

Ce diagramme représente les valeurs maximales (haut de la boîte), minimales (bas de la boîte), les médianes (en gras), les barres d’erreurs et les valeurs extrêmes (ronds). On peut observer une barre d’erreurs importante pour le lot TESTE à J0, des valeurs très extrêmes pour les 2 lots à J0 et J45 et des médianes égales.

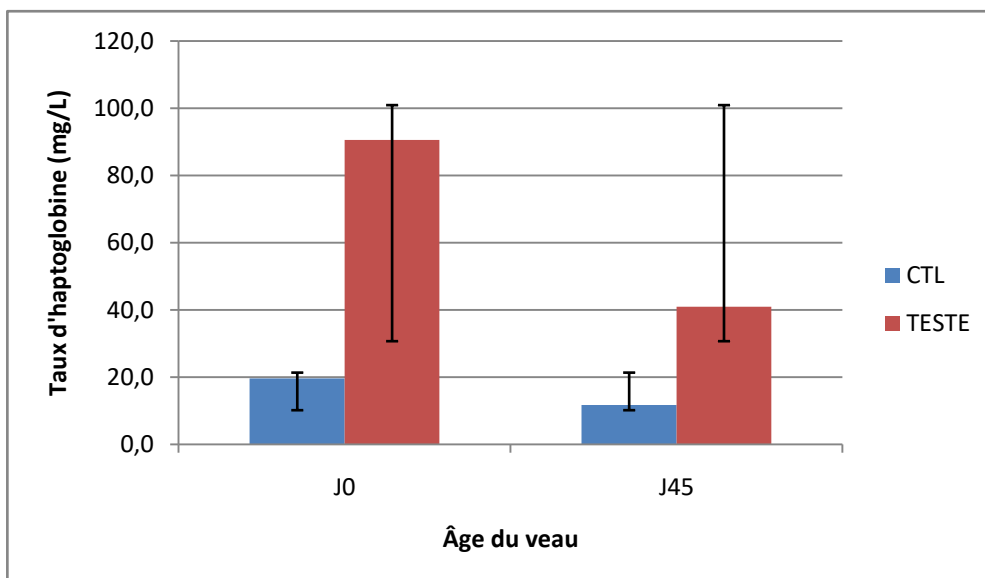


Fig.16 : Histogramme du taux d’haptoglobine (mg/L) en fonction de l’âge (J0 vs J45) et du lot (CTL vs TESTE).

À gauche sont représentés les moyennes d’haptoglobine à J0 affectées des écarts-types. À droite, ce sont celles à J45. Le lot CTL est en bleu et le lot TESTE est en rouge.

C. Étude de l'infection virale (BVD, BRS et PI3)

L'infection virale a été recherchée sur :

- BVD : 37 veaux à J0 (18 CTL et 19 TESTE) ; 35 veaux à J45 (19 CTL et 16 TESTE)
- BRS et PI3 : 36 veaux à J30 (17 CTL et 19 TESTE) ; 18 veaux à J60 (9 CTL et 9 TESTE)

L'ensemble des veaux sont séronégatifs pour les 3 virus à l'exception d'un **veau TESTE** positif au **BVD** à J0 mais négatif à J30 et positif au **BRS** à J60. Ce veau n'a jamais excrété d'œufs de coccidies et son statut inflammatoire a toujours été négatif.

Au niveau de la protection immunitaire, ce veau a reçu un colostrum de très bonne qualité (92 g d'IgG/L) mais a très peu consommé le Minilic PULMOZEN® (5 g/j).

D. Étude du statut inflammatoire des veaux

L'haptoglobine a été dosée chez 37 veaux (18 CTL et 19 TESTE) à J0 et 38 veaux (19 CTL et 19 TESTE) à J45.

1. L'âge et la supplémentation nutritionnelle n'ont pas d'effet sur le statut inflammatoire

À J0, le taux d'haptoglobine moyen est de $56,1 \pm 112,3$ mg/L de sang. Les veaux CTL ont un taux d'haptoglobine moyen de **$19,7 \pm 38,5$ mg/L** de sang, la médiane étant à 0 mg/L de sang. Les veaux TESTE ont un taux d'haptoglobine moyen de **$90,6 \pm 145,8$ mg/L**, la médiane étant à 0 mg/L. Les 2 lots ne sont significativement pas différents selon le test de Mann-Whitney ($p=0,2$).

À J45, les veaux CTL ont un taux d'haptoglobine moyen de **$11,8 \pm 38,8$ mg/L** de sang, la médiane étant à 0 mg/L de sang. Les veaux TESTE ont un taux d'haptoglobine moyen de **$40,9 \pm 110,6$ mg/L**, la médiane étant à 0 mg/L. Les 2 lots ne sont significativement pas différents selon le test de Mann-Whitney ($p=0,6$). Ils ne diffèrent pas non plus de manière significative entre J0 et J45 ($p=0,3$, corrélation de Spearman). Les distributions des taux d'haptoglobine à J30 et J60 sont présentées en figure 15. Les taux d'haptoglobine en fonction de l'âge et de la supplémentation sont présentés en figure 16.

Un test de corrélation de Spearman montre que les différences de consommation du Minilic PULMOZEN® observées n'influencent pas le statut inflammatoire à J45 ($p=0,3$).

2. La qualité du colostrum n'influence pas le statut inflammatoire

Le test de corrélation de Spearman établit que la quantité d'IgG ingérée par les veaux n'a **pas d'effet significatif** sur le statut inflammatoire des veaux à J0 ou à J45 (respectivement $p=0,3$ et $p=0,7$).

3. Le statut inflammatoire n'est pas lié aux données de coccidiose et d'infection virale

Les 3 veaux excrétaient des œufs de coccidies à J30 ont des **taux d'haptoglobine nuls** à J0 et J45. Il n'y a **pas** non plus de **corrélation significative** entre le taux d'éjection des œufs à J60 et le taux d'haptoglobine à J45 ($p=0,7$).

Le veau positif au BVD à J0 et au BRS à J30 a des **taux d'haptoglobine nuls** à J0 et J45.

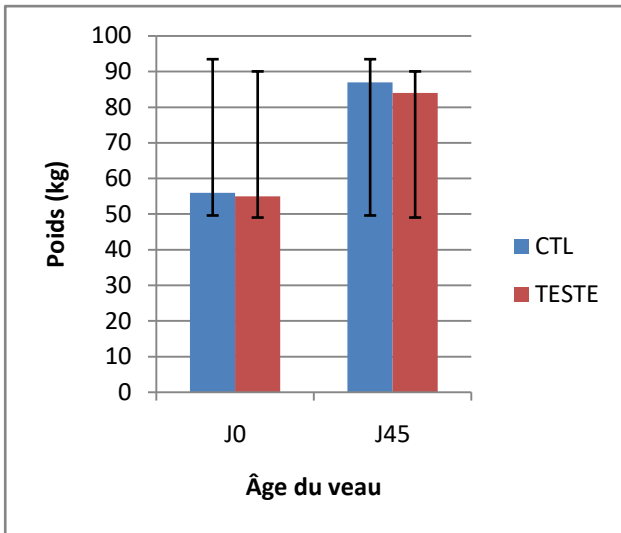


Fig.17: Histogramme des poids des veaux (kg) en fonction de leur âge (J0 vs J45) et du lot (CTL vs TESTE).

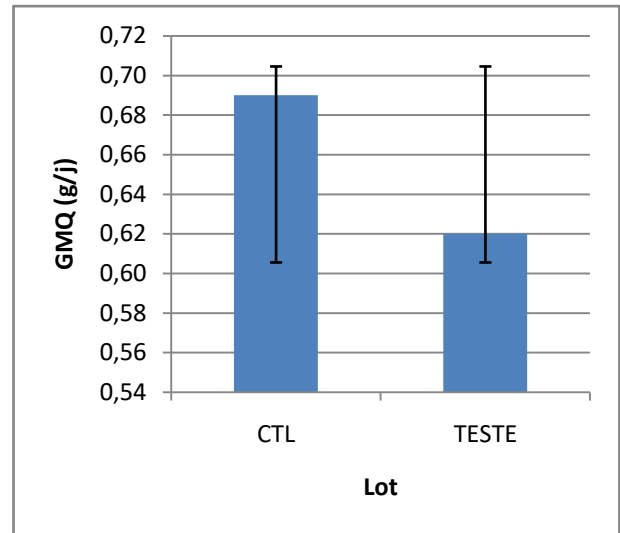


Fig.18: Histogramme des GMQ des veaux (g/j) en fonction du lot (CTL vs TESTE).

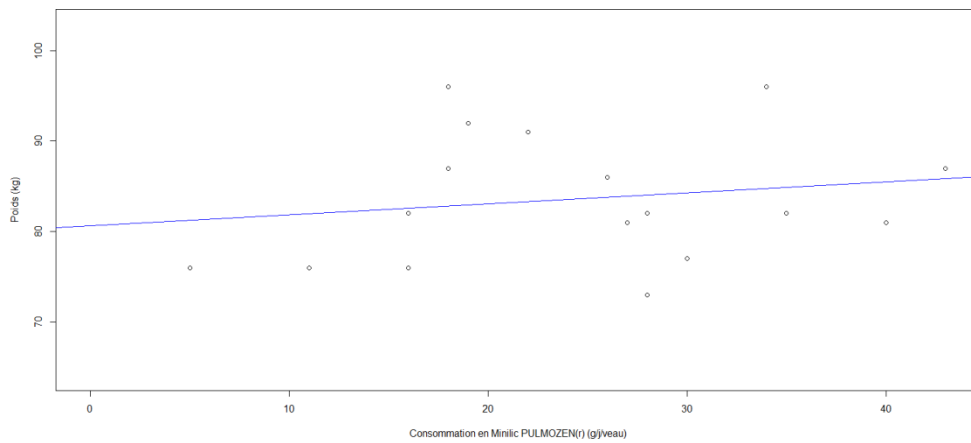


Fig.19: Droite du poids des veaux (kg) à J45 en fonction de leur consommation quotidienne en Minilic PULMOZEN® (g/j/veau). (n=17, ***p=0,001)

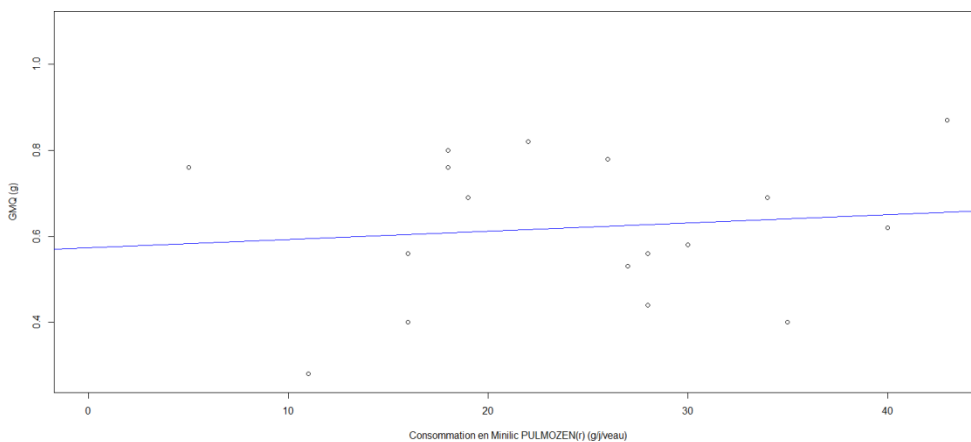


Fig.20: Droite du GMQ des veaux (g/j) en fonction de leur consommation quotidienne en Minilic PULMOZEN® (g/j/veau). (n=17, ***p=0,001)

E. Étude de la croissance des animaux

1. Description de la croissance des veaux

À la naissance, les veaux pèsent en moyenne 55 ± 7 kg. Le poids moyen des femelles est de **52 ± 6 kg**, celui des mâles est de **59 ± 7 kg**. Les mâles sont 12% plus lourds que les femelles ($n_{\text{♂}}=15$, $n_{\text{♀}}=19$, $p=0,01$). Le poids moyen des PH est de **56 ± 6 kg**, celui des MT est de **53 ± 10 kg**. L'ANOVA ne révèle pas de différence significative entre les races ($p=0,3$) ni d'interaction sexe/race ($p=0,2$).

À 1 mois et demi, les veaux pèsent en moyenne 85 ± 9 kg. Le poids moyen des femelles est de **82 ± 10 kg**, celui des mâles est de **89 ± 7 kg**. Les mâles sont 8% plus lourds que les femelles ($n_{\text{♂}}=15$, $n_{\text{♀}}=19$, $p=0,05$). Le poids moyen des PH est de **81 ± 12 kg**, celui des MT est de **87 ± 8 kg**. L'ANOVA ne révèle pas de différence significative entre les races ($p=0,1$) ni d'interaction sexe/race ($p=0,8$).

Le GMQ des veaux est en moyenne de **660 ± 200 g/j**. Celui des femelles est de $0,66 \pm 0,22$ g/j, celui des mâles de $0,67 \pm 0,17$ g/j. Les PH ont un GMQ de $0,68 \pm 0,20$ g/j et les MT en ont un de $0,62 \pm 0,18$ g/j. L'ANOVA ne révèle pas de différence significative entre le sexe ($p=0,8$), la race ($p=0,5$) ni pour l'interaction sexe/race ($p=0,5$).

2. La consommation en Minilic PULMOZEN® induit une croissance plus élevée

Les lots CTL et TESTE respectent l'homoscédasticité et homogénéité pour les variables poids à J0, poids à J45 et GMQ (respectivement $p=0,3$, $p=0,09$ et $p=0,2$).

À J0, les veaux CTL pèsent en moyenne **56 ± 8 kg**. À J45, ils atteignent le poids moyen de **87 ± 11 kg** avec un GMQ de **690 ± 290 g/j**.

À J0, les veaux TESTE pèsent en moyenne **55 ± 6 kg**. À J45, ils atteignent le poids moyen de **84 ± 7 kg** avec un GMQ de **640 ± 150 g/j**. D'après l'ANOVA, la supplémentation nutritionnelle ne montre pas une croissance significativement différente de celle des veaux non supplémentés ($p=0,3$ pour les 2 tests). Les poids et GMQ en fonction de l'âge et de la supplémentation sont présentés en figure 17 et 18.

En revanche, si on s'intéresse uniquement aux veaux supplémentés, on remarque un impact de la quantité de produit consommée sur la croissance. La régression linéaire fait apparaître 2 corrélations positives : entre la consommation de Minilic PULMOZEN® et le poids à J45 ($n=17$, $p=0,001$, coefficient = 0,12) et entre la consommation et le GMQ ($n=17$, $p=0,001$, coefficient = $1,9 \times 10^{-3}$). À chaque gramme de produit consommé, le poids des veaux âgés de 1 mois et demi augmente de 120 g (Fig.19) et le GMQ de $1,9 \times 10^{-3}$ g/j (Fig.20).

3. La qualité du colostrum induit une croissance plus élevée

La qualité du colostrum a un impact significatif sur la croissance des animaux. À J45, on observe une corrélation positive entre la quantité d'IgG et le poids des animaux de 0,07 ($n=34$, $p=0,001$), c'est-à-dire que pour 1 g d'IgG/L supplémentaire, le poids des veaux augmente de **70 g**. De même, on observe une corrélation positive entre le colostrum et le GMQ des animaux de 0,003 ($n=34$, $p=0,001$), c'est-à-dire que pour 1 g d'IgG/L supplémentaire, le GMQ des veaux augmente de **3×10^{-3} g/j**.

4. Le taux d'excrétion d'œufs de coccidies et l'infection virale n'influencent pas la croissance

Les 3 veaux excréant 675, 60 et 30 opg à J30 ont des GMQ respectifs de 760, 820 et 1090 g/j. Les GMQ énumérés sont **au-dessus** de la moyenne. Les 2 plus élevés sont au-dessus du 3^{ème} quartile.

De même, le veau atteint de BVD à J0 a un GMQ de 760 g/j, **au-dessus** de la moyenne.

5. L'impact du statut inflammatoire n'est pas à négliger

Le statut inflammatoire des veaux influence de manière significative leur croissance (tests de régression linéaire). Dès la naissance, plus les veaux ont un taux d'haptoglobine élevé, plus leur poids est faible (n=33, p=0,001, **pente=-0,001**). Le GMQ suit la même tendance. Plus le veau a un statut inflammatoire élevé, plus le GMQ est faible (n=33, p=0,001, **pente=-0,0002**).

En revanche, à J45, la corrélation s'inverse. Plus le veau a un statut inflammatoire élevé, plus le poids est élevé (n=33, p=0,001, **pente=0,002**).

F. Étude du statut sanitaire

Il y a eu 17 interventions sanitaires sur 15 veaux. Cela concernait 28% des ♀ PH, 40% des ♀ MT, 45% des ♂ PH et 75% des ♂ MT. 5 veaux CTL ont nécessité des soins : 2 pour des diarrhées et 3 pour de la température. 10 veaux TESTE ont été soignés pour 3 diarrhées, 1 toux et 8 cas de température élevée. Il y a donc eu **2 fois plus** d'interventions chez les animaux supplémentés. Les interventions pour cause de diarrhée ont eu lieu vers l'âge de 13 jours alors que celles pour cause de température ont eu lieu vers l'âge de 30 jours.

Les interventions ont toutes été faites par les éleveurs. Les diarrhées ont été traitées avec des antibiotiques, de l'argile et des sachets réhydratants. Les veaux atteints de toux et de température ont été traités avec des anti-inflammatoires.

1. Les apports immunitaires ne permettent pas un meilleur statut sanitaire

Les apports immunitaires donnés aux veaux, que ce soit la quantité d'IgG dans le colostrum (p=0,4) ou le niveau de consommation du seau Minilic PULMOZEN® (p=0,7), n'ont **pas d'effet significatif**, au regard des corrélations de Spearman, sur le nombre d'interventions effectuées sur un veau.

2. Le taux d'excrétion des œufs de coccidies et l'infection virale n'ont pas d'impact sur le statut sanitaire

Aucun des veaux inscrits sur le cahier sanitaire n'a excrété d'œufs de coccidies à J30 mais à J60 la moyenne est de 53±52 opg et un pic à 3100 opg. Cependant la corrélation de Spearman n'indique **pas de différence significative** entre ces 2 paramètres (p=0,9). L'éleveur est intervenu **1 fois** sur le veau atteint de BVD et BRS pour cause de diarrhée à J8.

Tab.4 : Récapitulatif de l'ensemble des analyses statistiques réalisées.

Paramètres	Variables à expliquer	Variables explicatives	Test statistiques	Effectif	p-value	Significativité
Qualité du colostrum	Quantité d'IgG	Lot	ANOVA	CTL = 18 TESTE = 19	0,5	NS
Consommation du Minilic PULMOZEN®	Quantité de produit consommée	Quantité d'IgG	Corrélation de Spearman	19	0,4	NS
Excrétion des œufs de coccidies	Quantité d'œufs excrétés à J30	Quantité d'œufs excrétés à J60	Corrélation de Spearman	TOTAL = 16 CTL = 7 TESTE = 9	0,001 0,05 0,001	*** * ***
	Quantité d'œufs excrétés à J60	Lot	Mann-Withney	16	0,9	NS
	Quantité d'œufs excrétés à J60	Quantité de produit consommée	Corrélation de Spearman	16	0,2	NS
	Quantité d'œufs excrétés à J60	Quantité d'IgG	Corrélation de Spearman	16	0,6	NS
	Pourcentage de présence de chaque espèce de coccidie	Lot	Mann-Withney	11	0,05 (<i>E. ellipsoïdale</i>)	*
	Pourcentage de présence d'une espèce de coccidie	Pourcentage de présence d'une autre espèce de coccidie	Corrélation de Spearman	11	0,001 (<i>E. bovis</i> et <i>E. ellipsoïdale</i>)	***
Statut inflammatoire	Taux d'haptoglobine à J0	Taux d'haptoglobine à J45	Corrélation de Spearman	TOTAL = 38 CTL = 19 TESTE = 19	0,3 0,4 0,3	NS NS NS
	Taux d'haptoglobine à J0	Lot	Mann-Withney	38	0,2	NS
	Taux d'haptoglobine à J45	Lot	Mann-Withney	38	0,3	NS
	Taux d'haptoglobine à J45	Quantité de produit consommée	Corrélation de Spearman	38	0,3	NS
	Taux d'haptoglobine	Quantité d'IgG	Corrélation de Spearman	J0 = 38 J45 = 38	0,3 0,7	NS NS

3. Lien entre le cahier sanitaire et le statut inflammatoire

Le cahier sanitaire est **fortement corrélé** avec le statut inflammatoire des veaux. Plus le taux d'haptoglobine est important à J0, plus l'éleveur risque d'intervenir sur le veau (n=15, p=0,05). Seuls 2 veaux de plus de 45 jours sont inscrits au cahier sanitaire. On ne peut donc pas encore relier le cahier sanitaire avec le statut inflammatoire à J45.

4. Lien entre la croissance et le cahier sanitaire

On **n'observe pas** un retard de croissance pour les veaux ayant subi une intervention. Les corrélations de Spearman renvoient les p-values suivantes : p=0,6 pour le poids à J0, p=0,6 pour le poids à J45 et p=0,6 pour le GMQ. De même, les veaux plus légers ou avec un GMQ plus faible ne sont pas susceptibles de subir plus d'interventions.

L'ensemble des analyses effectuées et leurs résultats sont récapitulés dans le tableau 4.

IV. Discussion

A. Analyse du taux d'excrétion des œufs de coccidies

Le cycle de vie des coccidies est de 21 jours. Cela signifie que lorsque les protozoaires pénètrent dans l'organisme, ils mettront 21 jours pour en ressortir par les fèces sous forme d'œufs. À J30, 3 veaux excrètent des œufs de coccidies. L'infestation s'est donc produite durant les premiers jours de vie. Il est possible que la contamination se soit effectuée par la mère. Les adultes sont porteurs asymptomatiques. Lors de la mise-bas, le veau se retrouve dans un environnement souillé et il est infesté par les coccidies. Une fois que les 3 veaux atteints se sont retrouvés dans la case collective, ils ont souillé la litière et ont contaminé les autres par voie oro-fécale. La proximité des veaux vivants dans une seule case et l'immunodéficience dû à leur âge a favorisé l'expansion des parasites et a engendré un nombre plus important de veaux atteints (Dr Guerin, 2015).

Comme tous les résultats n'ont pas encore été collectés, nous ne pouvons pas ni savoir si les 3^{ers} cas sont toujours infestés ni l'évolution du taux d'excrétion. À l'heure actuelle nous ne pouvons pas dire si le Minilic PULMOZEN® a permis de réduire l'infestation par les coccidies chez les veaux TESTE.

Les coccidies sont présentes dans 85% des élevages mais seuls 20% d'entre eux sont atteints de coccidiose. Cela concorde avec le fait que l'on n'observe qu'un seul cas de coccidiose dans l'étude. Les espèces les plus présentes dans les élevages français sont *E. bovis*, *E. zuernii* et *E. alabamensis*. Lorsqu'un veau est infesté par une espèce, il acquiert une immunité face à celle-ci mais pas pour les autres. Il est donc possible qu'un veau excrétant des œufs d'*E. bovis* à J30 n'en libèrent plus à J60 mais déchargent des œufs de *E. zuernii* par exemple (Dr Guerin, 2014, 2015). Peu de signes cliniques sont observés (diarrhées profuses et/ou hémorragiques, perte de poids...) puisque les niveaux d'excrétion sont faibles et ne donnent pas lieu à une coccidiose.

Croissance	Poids à J0	Sexe Race Interaction	ANOVA	Sexe = 34 Race = 34 Interaction = 34	0,01 0,3 0,2	** NS NS
	Poids à J0	Taux d'haptoglobine	Régression linéaire	33	0,001	***
	Poids à J45	Sexe Race Interaction	ANOVA	Sexe = 34 Race = 34 Interaction = 34	0,05 0,1 0,8	* NS NS
	Poids à J45	Lot	ANOVA	34	0,3	NS
	Poids à J45	Quantité de produit consommée	Régression linéaire	17	0,001	***
	Poids à J45	Quantité d'IgG	Régression linéaire	34	0,001	***
	Poids à J45	Taux d'haptoglobine	Régression linéaire	33	0,001	***
	GMQ	Sexe Race Interaction	ANOVA	Sexe = 34 Race = 34 Interaction = 34	0,8 0,5 0,5	NS NS NS
	GMQ	Lot	ANOVA	34	0,3	NS
	GMQ	Quantité de produit consommée	Régression linéaire	17	0,001	***
	GMQ	Quantité d'IgG	Régression linéaire	34	0,001	***
	GMQ	Taux d'haptoglobine	Régression linéaire	33	0,001	***
Suivi sanitaire	Nombre d'intervention sur un veau	Quantité de produit consommée	Corrélation de Spearman	10	0,7	NS
	Nombre d'intervention sur un veau	Quantité d'IgG	Corrélation de Spearman	10	0,4	NS
	Nombre d'intervention sur un veau	Quantité d'œufs excrétés à J60	Corrélation de Spearman	15	0,9	NS
	Nombre d'intervention sur un veau	Taux d'haptoglobine à J0	Corrélation de Spearman	15	0,05	*
	Poids à J0	Nombre d'intervention sur un veau	Corrélation de Spearman	15	0,6	NS
	Poids à J45	Nombre d'intervention sur un veau	Corrélation de Spearman	15	0,6	NS
	GMQ	Nombre d'intervention sur un veau	Corrélation de Spearman	15	0,6	NS

B. Étude du statut inflammatoire

Comme expliqué précédemment, l'haptoglobine est la protéine du statut inflammatoire aiguë chez les bovins. Plus le taux d'haptoglobine est élevé, plus le veau a un statut inflammatoire important (Humblet and Godeau, 2005).

Nous avons relevé des taux d'haptoglobine relativement importants sur certains veaux mais sans corrélation avec le taux d'excrétion d'œufs de coccidies ou une infection virale au BVD, BRS et PI3. Les pathologies des veaux de 0 à 1 mois sont nombreuses : infections du nombril, diarrhées bactériennes, diarrhées virales, cryptosporidies, pathologies respiratoires d'origine bactérienne... (Capdeville et al., 2014). Les taux observés sont sûrement dus à des agents infectieux non recherchés dans l'essai.

La réaction inflammatoire aiguë est la réponse de l'organisme à un déséquilibre de son homéostasie face à une lésion tissulaire d'origine infectieuse, traumatique, immunologique... (Humblet and Godeau, 2005). L'un des principaux acteurs de ce processus est l'interleukine 1 (IL-1). Ce dernier induit la production des protéines de la phase aiguë par les hépatocytes (Cavaillon, 1993), une apparition de fièvre et une diminution de l'appétit (Haour et al., 1999). Plus le taux d'haptoglobine est élevé, plus le statut inflammatoire est important et moins le veau mange. Cela explique la corrélation négative entre le taux d'haptoglobine et le poids à J45 et le GMQ.

C. Analyse de la croissance

1. Effet du sexe

Les 1^{ères} constatations montrent que les veaux mâles sont plus lourds que les veaux femelles. Ce résultat a été obtenu dans de nombreuses études menées sur les races à viande. Elles indiquent que les mâles ont un potentiel de croissance pondérale plus élevé mais que les femelles ont un développement plus rapide des tissus adipeux (Micol et al., 1993).

2. Le GMQ

Il existe peu de références en matière de GMQ chez les veaux laitiers. Peu d'éleveurs relèvent le poids des animaux à leur naissance et au sevrage. Il est plus courant de peser les génisses au moment de la 1^{ère} insémination. Une étude menée en 2009 sur les pratiques d'élevage et performances des génisses laitières nous donne quelques repères. Les races précoces telles que les Prim'Holstein, doivent atteindre les 200 kg à 6 mois. Avec un GMQ de 900 g/j, leur croissance est considérée comme élevée (Le Cozler et al., 2009). Les organismes de génétiques prétendent qu'un GMQ supérieur à 750 g/j sur les 1^{ers} mois de la vie correspond à une croissance soutenue (Sellena, 2014). Avec un poids moyen à 1 mois et demi de 85±9 kg et un GMQ de 0 à 45 jours de 660±200 g/j, les veaux de l'essai sont dans la norme de croissance.

3. Contribution de Minilic PULMOZEN®

Le Minilic PULMOZEN® apporte aux veaux les minéraux nécessaires à une bonne croissance : calcium, phosphore, magnésium et manganèse. La croissance osseuse correspond à la prolifération du cartilage. Le cartilage comporte des cellules prolifératives qui produisent une matrice. Au cours de la minéralisation, les ions calcium et phosphore permettent aux ostéocytes de libérer des vésicules calcifiantes riches en phosphore. Le phosphore et le calcium forment des cristaux qui se fixent sur et entre les fibres de collagène transformant la matrice en tissu osseux

dense. Le magnésium participe également à la formation de ces cristaux (Pastoureau, 1990; Toppets et al., 2004). Le manganèse permet d'activer les enzymes de la voie de biosynthèse du cartilage (INRA 2018, 2018).

Il n'y a pas de différence significative entre les poids à J0 des animaux supplémentés et non supplémentés (puisque le produit n'a pas encore été consommé). À J45, on observe un effet positif du taux de consommation du produit sur le poids des veaux et sur leur GMQ. Cela démontre l'efficacité du Minilic PULMOZEN® à accompagner et soutenir la croissance des veaux. Le coefficient de corrélation diffère entre les 2 données car il existe une diversité interindividuelle des poids de naissance.

4. Effet du colostrum

De nombreuses études menées par Stott et al. en 1979, Robinson et al. en 1988 et Chigerwe et al. en 2008, ont montré qu'il n'y avait aucune relation entre la qualité du colostrum et le poids des veaux. Néanmoins, selon Serieys (1993) et Maillard (2000), les veaux les plus légers sont plus vigoureux et boivent plus que les veaux lourds. Ils ingèrent plus d'IgG et ont une meilleure immunité. Ils sont donc moins sensibles aux infections et ont une croissance supérieure (Quaile, 1989).

D. Analyse du statut sanitaire

Quand les veaux présentent un taux d'haptoglobine dès la naissance (J0) cela signifie qu'ils ont une infection. Celle-ci peut se développer et devenir symptomatique entraînant une intervention de la part de l'éleveur dans les jours qui suivent. Les veaux TESTE sont plus nombreux à être inscrits au cahier sanitaire. On ne peut donc pas conclure à une efficacité du Minilic PULMOZEN®.

E. Limites et pistes d'amélioration de l'étude

1. Le faible effectif ne permet pas une bonne puissance de test

L'une des limites majeures de l'essai est l'effectif réduit du nombre d'animaux. Les variables contiennent au maximum 38 individus, 16 dans certains tests. Avec 19 individus dans chaque groupe, on a 2% de chance de montrer une différence de 1% sur l'excrétion d'œufs de coccidies (test de puissance sur le logiciel R®). De plus, l'essai continue jusque mi-juillet. Tous les résultats n'ont pas été relevés, ce qui réduit encore l'effectif de départ.

La majorité des variables ne suivent pas une Loi Normale. Cela ne permet pas d'utiliser des tests statistiques paramétriques. Les résultats ont des valeurs extrêmes (soit très petites soit très grandes), ce qui induit des écarts à la moyenne très importants ne permettant pas de conclure sur la significativité des résultats.

2. La période sur laquelle l'essai s'est déroulé n'est pas « favorable » à une expansion pathologique

L'essai se déroule du mois de février au mois de juillet. Les résultats présentés ici ont été récoltés de fin février à fin mai. Cette époque de l'année est peu marquée par des épisodes de maladies telles que la coccidiose ou les maladies respiratoires. Le stress thermique et/ou climatique, la chaleur, l'humidité et la mise à l'herbe sont des facteurs aggravant la sporulation et la contamination aux coccidies (Dr Guerin, 2015; Maillet, 2016). La période sur laquelle ont été

mesurés les 1^{ers} résultats a été marquée par des températures douces avec peu de variations et peu d'humidité. Les maladies respiratoires connaissent des pics de prolifération pendant l'hiver (Backer et al., 1997). Le climat était peu propice à une explosion coccidienne et à une infection accrue des virus respiratoires.

3. Un haut niveau sanitaire des exploitations

Les exploitations participant à l'essai n'ont pas été choisies sur des critères sanitaires. Elles présentaient des cas de coccidiose et de maladies respiratoires mais rien qui ne nécessitait des traitements systématiques ou l'appel fréquent du vétérinaire.

De plus, les règles de préventions sanitaires étaient appliquées : passage dans un pédiluve désinfectant avant l'entrée en bâtiment, box de vêlage propre, vêlage toute l'année (pas de pic de vêlage entraînant une surpopulation et une baisse de l'hygiène), bâtiment aéré sans courant d'air, litière régulièrement changée, peu de densité dans les cases collectives, pas d'entrée d'animaux... La BVD était systématiquement recherchée à chaque naissance.

4. L'étude a soulevé des problèmes de sous-consommation du Minilic PULMOZEN®

Au cours de l'essai, des problèmes de consommation du Minilic PULMOZEN® se sont révélés chez les veaux TESTE. Après une enquête et des analyses, il semblerait que la cause soit la formule du produit. Le principe actif de ce dernier contient notamment de l'eucalyptus. Afin de renforcer l'odeur de plante, perçu par les éleveurs comme bénéfique sur les voies respiratoires, de l'arôme d'eucalyptus a été ajouté.

Trois études menées sur les ruminants (Marten et al., 1978, Arnold et al., 1980, Favreau et al., 2010) ont montré que l'odorat et le goût étaient des sens déterminants dans la sélection des aliments. Certaines espèces de plantes peuvent ne pas plaire aux ruminants. Par exemple, les alcaloïdes diminuent fortement l'appétibilité (Roux, 2017). Lorsqu'un seau est ouvert, une forte odeur d'eucalyptus se dégage et persiste un long moment. Cette flaveur peut déplaire aux veaux et diminuer l'appétence du seau. Lors de l'enquête sur la sous-consommation, le produit a été goûté et une sensation d'huile essentielle est restée un certain temps sur la langue. Les veaux peuvent avoir la même sensation, ce qui ne leur donne pas envie de lécher à nouveau. Une étude menée en 2010 par Hellekant démontre que l'appétit des veaux est stimulé par l'édulcorant et le goût sucré. À l'inverse, le goût amer laisse indifférent les animaux et peut provoquer une aversion à haute dose. L'amertume peut être considérée comme toxique ou sans valeur nutritionnelle (Hellekant et al., 2010). Deux nouvelles formules ont été créées en remplaçant l'arôme d'eucalyptus par de l'arôme de vanille crémeuse et un édulcorant afin de rendre le produit beaucoup plus sucré et appétant. Ces formules sont actuellement en essai de consommation. Le principe actif reste inchangé.

D'autres facteurs peuvent également influencer la consommation du seau à lécher tels que l'environnement (humidité, chaleur...), les pratiques d'élevage (nombre de buvées, accès à l'eau ou aux fourrages...). Le logement peut aussi influencer la consommation. En case individuelle, les veaux n'ont que 2 buvées par jour et le léchage est leur seule activité. Une fois en case collective, les bovins ont plus d'espace et jouent ensemble. L'activité de léchage n'est plus leur seule activité et la consommation peut diminuer. Le positionnement du seau est aussi important. S'il est posé dans la case à même le sol, il peut être rapidement souillé et ne plus attiré l'animal. Ces facteurs font l'objet d'une autre étude menée actuellement au sein de l'entreprise.

Conclusion

Le veau est un être extrêmement fragile. Au cours des premiers mois de vie, les pathologies sont nombreuses, variées et peuvent devenir fatales (Dr Flahaut et al., 2018). Cela cause des pertes économiques importantes pour l'éleveur, des contre-performances et des souffrances pour les veaux. La prise d'un colostrum de bonne qualité ne suffit pas toujours à protéger suffisamment les jeunes bovins. Nutrilac, spécialiste de la supplémentation nutritionnelle, a créé une formule pour soutenir les fonctions respiratoire et digestive et accompagner les veaux durant leur croissance.

La présente étude avait pour objectif de démontrer les effets du Minilic PULMOZEN® sur le taux d'excrétion d'œufs de coccidies, l'infection virale aux BVD, BRS et PI3, le statut inflammatoire, le niveau sanitaire et la croissance des veaux (poids et GMQ). Les résultats obtenus sont peu significatifs et ne permettent d'affirmer qu'une seule hypothèse. Le taux de consommation du seau à lécher induit un poids et un GMQ plus élevé. À l'inverse de notre postulat de départ, les veaux supplémentés ont nécessité plus d'interventions sanitaires de la part de l'éleveur.

Ces résultats peuvent s'expliquer soit par une non-efficacité du produit soit par l'effectif réduit d'animaux et la faible consommation du produit. Nous ne pouvons actuellement pas répondre quant à l'efficacité du Minilic PULMOZEN®.

Ces données ont néanmoins permis de revoir la formule et surtout son goût. L'étude va se poursuivre jusque mi-juillet avec la mise en place de nouveaux procédés. Il faudra vérifier que ces nouveaux produits se consomment mieux et que les derniers résultats récoltés permettent de conclure à l'efficacité du produit. Il sera peut-être nécessaire de poursuivre l'étude afin d'augmenter l'effectif et d'obtenir des résultats significatifs. Si le bilan est positif et met en évidence des performances accrues en termes de fonctions respiratoire, digestive et de croissance, il serait intéressant de proposer les seaux aux vaches sur les dernières semaines de gestation afin de tester son impact sur la vie fœtale et sur les performances des veaux dès la naissance.

Références

- Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Les compléments alimentaires. Accessed May 2, 2019. <https://www.anses.fr/fr/content/les-compl%C3%A9ments-alimentaires-0>.
- APHIS. 2007. Bovine Viral Diarrhea Virus. Safeguarding American Agriculture.
- Arcangioli, M.-A., A. Duet, G. Meyer, A. Dernburg, P. Bézille, F. Poumarat, and D. Le Grand. 2008. The role of *Mycoplasma bovis* in bovine respiratory disease outbreaks in veal calf feedlots. *The Veterinary Journal* 177:89–93. doi:10.1016/j.tvjl.2007.03.008.
- Arnold, G.W., Boer de, E.S., Boundy, C.A.P. 1980. The influence of odour and taste on the food preferences and food intake of sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 31, 571–587.
- Backer, J.C., J.A. Ellis, and E.G. Clark. 1997. Bovine Respiratory Syncytial Virus.
- Blodörn, K., S. Hägglund, D. Gavier-Widen, J.-F. Eléouët, S. Riffault, J. Pringle, G. Taylor, and J.F. Valarcher. 2015. A bovine respiratory syncytial virus model with high clinical expression in calves with specific passive immunity. *BMC Vet Res* 11. doi:10.1186/s12917-015-0389-6.
- Capdeville, J., J.-F. Dr Rouland, D. Dr Ferré-Fayache, S. Guérin, D. Le Clainche, B. Michenot, and P. Wallet. 2014. Des veaux laitiers en bonne santé. Moins d'antibiotiques avec de bonnes pratiques d'élevage et des nurseries performantes.
- Castrucci, G., M. Ferrari, V. Traldi, and E. Tartaglione. 1992. Effects in calves of mixed infections with bovine viral diarrhoea virus and several other bovine viruses. *Comp. Immun. Microbiol. infect. Dis.* 15:261–270.
- Cavaillon, J. 1993. Cytokines et inflammation. *Veterinary Research* 24:368–369.

- Chanudet, J. 2012. Comparaison de différentes colorations pour la mise en évidence des protozoaires dans la coproscopie des ruminants. VETAGRO SUP, Université Claude Bernard - Lyon.
- Chigerwe, M., Tyler J. W., et al. 2008. Frequency of detectable serum IgG concentrations in precolostral calves." *American Journal of Veterinary Research*69(6): 791-795.
- Colin, A. 2013. La gestion du veau nouveau-né : de la mise-bas à ses 3 jours, approche pratique pour l'éleveur. VETAGRO SUP, Université Claude Bernard - Lyon.
- Contre la BVD. Groupements de Défense Sanitaire de l'Est. . Accessed April 11, 2019. <https://contrelabvd.com/>.
- Dabo, S.M., J.D. Taylor, and A.W. Confer. 2008. *Pasteurella multocida* and bovine respiratory disease. *Animal Health Research Reviews* 8:129–150. doi:10.1017/S1466252307001399.
- Dr Flahaut, J., C. Dr Joly, and G. Dr Bosquet. 2018a. Approches stratégiques et économiques de la santé du veau.
- Dr Guerin, D. 2014. Coccidioses bovines.
- Dr Guerin, D. 2015. Coccidioses bovines.
- Dudek, K., M. Szyma, SKA-CZERWI, Ška, D. Bednarek, and K. Niemczuk. 2009. Effect of intranasal PI3V and BRSV administration on the alterations selected peripheral blood leukocyte subpopulations in calves.
- EUOFINS. Laboratoire Cœur de France.
- Fédération Inter-départementale des Entreprises de Conseil Elevage du Sud-Est. 2018. La BVD: une nouvelle prophylaxie se dessine.
- GDS France. 2017. Programme national de lutte contre la BVD.

- GDS Haute-Loire. 2019. BVD : la nouvelle prophylaxie nationale obligatoire se précise. . Accessed April 11, 2019. <http://www.haute-loire-paysanne.fr/actualites/bvd-la-nouvelle-prophylaxie-nationale-obligatoire-se-precise:12T91PGG.html>.
- Haour, F., M. Jafarian-Tehrani, G. Banisadr, and C. Marquette. 1999. Récepteurs de l'interleukine-1 dans le système nerveux central: imagerie "in situ" dans l'inflammation et l'autoimmunité 6.
- Hellekant, G., T. Roberts, D. Elmer, T. Cragin, and V. Danilova. 2010. Responses of Single Chorda Tympani Taste Fibers of the Calf (*Bos taurus*). *Chem Senses* 35:383–394. doi:10.1093/chemse/bjq026.
- Humblet, M.-F., and J.-M. Godeau. 2005. L'haptoglobine, marqueur protéique de l'inflammation aiguë, dans l'espèce bovine.. *Annales de médecine Vétérinaire* 149:14.
- IODOLAB. Laboratoire.
- INRA 2018. 2018. Alimentation des ruminants. Apports nutritionnels - Besoins et réponses des animaux - Rationnement - Tables des valeurs des aliments. Quae. Versailles.
- Jaster, E.H. 2005. Evaluation of Quality, Quantity, and Timing of Colostrum Feeding on Immunoglobulin G1 Absorption in Jersey Calves. *Journal of Dairy Science* 88:296–302. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72687-4.
- Karle, B.M., G.U. Maier, W.J. Love, S.A. Dubrovsky, D.R. Williams, R.J. Anderson, A.L. Van Eenennaam, T.W. Lehenbauer, and S.S. Aly. 2018. Regional management practices and prevalence of bovine respiratory disease in California's preweaned dairy calves. *Journal of Dairy Science*. doi:10.3168/jds.2018-14775.
- Khodakaram-Tafti, A., and GH. Farjanikish. 2017. Persistent bovine viral diarrhoea virus (BVDV) infection in cattle herds. *Iran J Vet Res* 18:154–163.

- Korhonen, H., P. Marnila, and H.S. Gill. 2000. Milk immunoglobulins and complement factors. *British Journal of Nutrition* 84. doi:10.1017/S0007114500002282.
- Larsen, L., C. Tegtmeier, and E. Pedersen. 2001. Bovine Respiratory Syncytial Virus (BRSV) Pneumonia in Beef Calf Herds Despite Vaccination. *Acta Vet Scand* 42:113–121. doi:10.1186/1751-0147-42-113.
- Loubette, R., Moinel, J. M. 2006. Conduite et profil génétique des génisses pour le renouvellement du troupeau. Journées nationales des GTV, Dijon. 819-823.
- Luet, P. 1993. La réanimation du veau nouveau-né. *Dépêche vétérinaire* 35, 22 pages.
- Le Cozler, Y., J.-R. Peccatte, J.-Y. Porhiel, P. Brunschwig, and C. Disenhaus. 2009. Pratiques d'élevages et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives.
- L'économie laitière en chiffres – édition 2018. . Accessed June 10, 2019. <https://www.calameo.com/read/0022300512e7144bdeba5>.
- Maillard, R. 2006. Le transfert de l'immunité colostrale chez le veau. *Le Point Vétérinaire*, numéro spécial : reproduction des ruminants : gestation, néonatalogie et post-partum37: 110-114.
- Maillet, R. 2016. Adaptation du traitement des diarrhées néonatales du veau à l'évaluation clinique. VETAGRO SUP, Université Claude Bernard - Lyon.
- Marten, G.C. 1978. The animal-plant complex in forage palatability phenomena. *J. Anim. Sci.* 46, 1470-1477.
- Micol, D., J. ROBELIN, and Y. Geay. 1993. Composition corporelle et caractéristiques biologiques des muscles chez les bovins en croissance et à l'engrais. *INRA Productions animales* 6:61–69.
- Pardon, B., M. Hostens, L. Duchateau, J. Dewulf, K. De Bleecker, and P. Deprez. 2013. Impact of respiratory disease, diarrhea, otitis and arthritis on mortality and carcass traits in white veal calves. *BMC Veterinary Research* 9:79. doi:10.1186/1746-6148-9-79.

- Pastoureau, P. 1990. Physiologie du développement du tissu osseux. INRA Productions animales 3:265–273.
- Perrin, J.-B., C. Ducrot, J.-L. Vinard, and P. Hendrikx. 2011. Analyse de la mortalité bovine en France de 2003 à 2009.. INRA Productions Animales 24:235–244.
- Phytosynthèse. Groupe Lehning.
- Proust, A. 2013. Cours de biologie. Prépa BCPST, Lycée Louis Thullier, Amiens.
- Quaile, E. 1989. Relation entre qualité du colostrum et transfert d'immunité passive en élevages bovins allaitants et laitiers. Paul-Sabatier, Toulouse.
- Refractomètre Vetahy. Alliance Nutrition Animale.
- Robinson, J. D., Stott, G. H. et al. 1988. Effects of Passive Immunity on Growth and Survival in the Dairy Heifer. *Journal of dairy science*71(5): 1283-1287
- Rousseau, F. 2006a. Les diarrhées des veaux sous la mère : il est impossible de les éviter totalement, mais sachez les prévenir et les guérir.
- Rousseau, F. 2006b. Les maladies respiratoires des veaux sous la mère: plutôt que d'avoir à les guérir, il vaut beaucoup mieux les prévenir en appliquant quelques règles d'élevages simples et de son sens.
- Roux, E. 2017. Choix d'une récompense alimentaire et développement d'un protocole de dressage par renforcement positif chez les bovins. Claude-Bernard, Lyon.
- Roy, C. Pathologies respiratoires des veaux et des jeunes bovins.
- Salt, J.S., S.J. Thevasagayam, A. Wiseman, and A.R. Peters. 2007. Efficacy of a quadrivalent vaccine against respiratory diseases caused by BHV-1, PI3V, BVDV and BRSV in experimentally infected calves. *The Veterinary Journal* 174:616–626. doi:10.1016/j.tvjl.2006.10.007.
- Sellena, L. 2014. Origen'infoplus 8.

- Serieys, F., Ed. 1993. Le colostrum de vache, bien le connaître pour mieux l'utiliser, SmithKline Beecham.
- Stott, G.H., D.B. Marx, B.E. Menefee, and G.T. Nightengale. 1979. Colostral Immunoglobulin Transfer in Calves I. Period of Absorption. *Journal of Dairy Science* 62:1632–1638. doi:10.3168/jds.S0022-0302(79)83472-4.
- Toppets, V., V. Pastoret, V. De Behr, N. Antoine, C. Dessy, and A. Gabriel. 2004. Morphologie, croissance et remaniement du tissu osseux.
- Toutain, P. 1985. Particularités physiologiques de la circulation chez le fœtus et le nouveau-né. Société française de Buiatrie, GTV de l'Allier. 22^{ème} colloque de Moulins. Physiopathologies périnatale chez le veau, pages 45-64.
- Valarcher, J.-F., and G. Taylor. 2007. Bovine respiratory syncytial virus infection. *Veterinary Research* 38:153–180. doi:10.1051/vetres:2006053.
- Wallemacq, H., P. Boutet, L. Zecchinon, D. Desmecht, D. Bedoret, E. Ramery, and E.P. Lekeux. 2007. Evaluation de l'efficacité du Caprofène lors de bronchoneumonie expérimentale bovine à *Mannheimia haemolytica*. *Revue Méd. Vét.* 7.
- Weaver, D.M., J.W. Tyler, D.C. VanMetre, D.E. Hostetler, and G.M. Barrington. 2000. Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 14:569–577. doi:10.1111/j.1939-1676.2000.tb02278.x.
- Weinstein, J.-P. 2001. Etude de l'effet protecteur conféré par un vaccin antileucocytaire pasteurellique en élevage industriel de veau. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, Université Claude Bernard - Lyon.

Annexes

Annexe I : Fiche produit du seau à lécher Minilic PULMOZEN® présentant sa composition et ses actions sur le veau.

minilic
PULMOZEN

minilic PULMOZEN est formulé pour accompagner les jeunes animaux dans les phases sensibles de leur croissance.

Il contient les actifs de plantes :

- **PULMO-MAX** et **PROTECT-MAX** pour conforter le fonctionnement du système respiratoire et contribuer à la gestion du risque de coccidiose.
- **I-MAX**, le noyau immunité **NUTRILAC** aux effets naturels protecteurs et antioxydants

minilic PULMOZEN apporte :

- du sélénium et de la vitamine C pour **renforcer les défenses naturelles** des animaux,
- du calcium pour une **bonne ossification** et une **croissance harmonieuse**,
- des sucres, pour **développer la flore du rumen** et **stimuler la salivation**.

MODE D'EMPLOI :
Mettre **minilic PULMOZEN** à disposition des animaux dans un endroit facile d'accès.
Prévoir une consommation moyenne quotidienne de :

- 50 g par veau durant 2 mois, soit 3 kg par animal
- 5 à 7 g par agneau durant 1 à 2 mois, soit 150 à 300 g par animal
- 7 g par chevrette durant 70 jours (10 jours après sevrage), soit 500 g par animal

COMPOSITION : Indiquée sur l'étiquette code à barres du seau.

**ALIMENT MINÉRAL
POUR VEAUX, AGNEAUX ET CHEVREAUX**

CONSTITUANTS ANALYTIQUES :

Phosphore	3 %
Calcium	10 %
Magnésium	3 %
Sodium	3 %
Humidité	11 %

ADDITIFS :

Oligo-éléments

3b603 Zinc (oxyde de zinc)	4800 mg/kg
3b502 Manganèse (oxyde de manganèse (II))	4000 mg/kg
3b202 Iode (iodate de calcium anhydre)	80 mg/kg
3b801 Sélénium (sélénite de sodium)	10 mg/kg

Vitamines

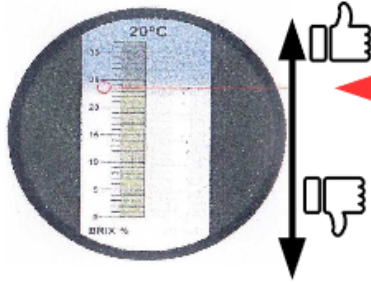
3a300 Vitamine C	4000 mg/kg
------------------	------------

Substances aromatiques
Extraits de plantes sélectionnées

NUTRILAC
Rue de la Laiterie - F 62180 VERTON
www.nutrilac.fr

Contient naturellement du Soufre

Annexe II : Tableau de correspondance entre le % de Brix lu sur le réfractomètre, la concentration en IgG (g/L) et la qualité du colostrum (source: Refractomètre Vetahly).



Valeur Brix	IgG in g/l	Niveau de qualité du colostrum	Taux de MS
30	107		31
29	101		30
28	96		28,9
27	92		27,8
26	84		26,7
25	79		25,6
24	73		24,5
23	67		23,4
22	61		22,3
21	56		21,2
20	50		20,1
19	44		19
18	39		18
17	33		17
16	27		16
15	22		15
14	16		13,9
13	0		12,8
12	0		11,7
11	0		10,6
10	0		9,5

Annexe III : Tableau du suivi des naissances.

Date du vêlage	Numéro du veau	Lot	Race	Sexe	Naissance gémellaire	Qualité du colostrum (% de Brix)

Annexe IV : Tableau du suivi de l'alimentation.

Type d'aliment	Quantité donnée (L ou kg)	Période sur laquelle ce type d'aliment a été distribué	Quantité refusée (L ou kg)	Date de changement du seau avec numéro du veau ou du lot concerné

Annexe V : Tableau du suivi de la croissance.

Numéro du veau	Naissance		1 mois et demi		Sevrage	
	Date	Tour de poitrine (cm)	Date	Tour de poitrine (cm)	Date	Tour de poitrine (cm)

Annexe VI : Tableau de correspondance entre le tour de poitrine (cm) et le poids vif (kg) du bovin (source Loubette et Moinel, 2006).

Tour de poitrine	Poids vif	Tour de poitrine	Poids vif	Tour de poitrine	Poids vif	Tour de poitrine	Poids vif
66 cm	37 kg	110 cm	120 kg	154 cm	298 kg	198 cm	603 kg
68	38	112	126	156	309	200	619
70	39	114	132	158	321	202	636
72	41	116	138	160	332	204	653
74	43	118	145	162	344	206	670
76	45	120	152	164	356	208	687
78	48	122	159	166	368	210	703
80	51	124	166	168	381	212	720
82	54	126	173	170	394	214	737
84	57	128	180	172	407	216	754
86	61	130	188	174	420	218	771
88	65	132	196	176	434	220	787
90	69	134	204	178	448	222	804
92	73	136	212	180	463	224	820
94	77	138	221	182	477	226	835
96	82	140	230	184	492	228	851
98	87	142	239	186	507	230	866
100	92	144	248	188	523	232	880
102	97	146	258	190	538	234	894
104	103	148	267	192	554	236	908
106	108	150	278	194	570		
108	114	152	288	196	586		

Sources nord-américaines

Annexe V : Tableau du suivi sanitaire.

Date	Numéro du veau	Intervenant	Motif de l'intervention	Type d'intervention	Durée	Coût	Traitement mis en place

	Diplôme : Master Biologie, Agrosociétés Spécialité : Sciences de l'Animal pour l'Élevage de Demain (SAED) Spécialisation / option : Enseignant référent : Anne-Lise JACQUOT
Auteur(s) : Ludivine FLAMENT	Organisme d'accueil : Nutrilac
Date de naissance* : 21 avril 1995	Adresse :
Nb pages : 40 Annexe(s) : 5	Rue de la laiterie
Année de soutenance : 2019	62180 VERTON
Titre français : Étude de la supplémentation nutritionnelle Minilic PULMOZEN® sur les fonctions respiratoire et digestive des veaux	
Titre français : Study of PULMOZEN® Minilic nutritional supplementation on the respiratory and digestive functions of calves.	
Résumé (1600 caractères maximum) : L'élevage des veaux devient une étape de plus en plus cruciale et déterminante pour la pérennité des exploitations. Cependant, le niveau de mortalité reste très élevé (Perrin et al., 2011), ce qui engendre des pertes économiques importantes pour les éleveurs. La distribution d'un colostrum de bonne qualité est indispensable pour conférer au veau son immunité (Korhonen et al., 2000). Cela n'est pas toujours suffisant et l'éleveur peut avoir recours à des compléments alimentaires. La présente étude vise à déterminer l'efficacité du supplément nutritionnel Minilic PULMOZEN® sur la croissance des veaux ainsi que sur ses fonctions respiratoire et digestive. L'essai a été mené sur 38 veaux : 19 CTL et 19 TESTE mâles et femelles de race Prim'Holstein et Montbélaird, de la naissance (J0) au sevrage (J45). La qualité du colostrum, le taux d'œufs de coccidies excrétés, le taux d'haptoglobine (reflet du statut inflammatoire), l'infection virale au BVD, BRS, PI3 et la croissance des veaux ont été mesurés. Un suivi du cahier sanitaire a été effectué. Les résultats ont été traités par des tests statistiques paramétriques (ANOVA, régression linéaire) et non paramétriques (Mann-Withney et corrélation de Spearman). Il en est ressorti que plus un veau consommait de produit, plus son poids à J45 et son GMQ étaient élevés. Les autres résultats n'ont pas été concluants. L'essai a été mené sur un effectif trop faible et des problèmes de non-consommation se sont révélés. Il est nécessaire de poursuivre l'étude sur plus d'animaux avec de nouvelles formules plus appétentes.	
Abstract (1600 caractères maximum) : Calf breeding is becoming increasingly crucial and crucial for the sustainability of farms. However, the mortality level remains very high (Perrin et al., 2011), which leads to significant economic losses for farmers. The distribution of a good quality colostrum is essential to give the calf its immunity (Korhonen et al., 2000). This is not always enough and the farmer can use dietary supplements. The present study aims to determine the effectiveness of Minilic Nutritional Supplement PULMOZEN® on the growth of the calves as well as on its respiratory and digestive functions. The trial was conducted on 38 calves: 19 CTL and 19 male and female breeds of the Prim'Holstein and Montbélaird breeds, from birth (D0) to weaning (D45). Colostrum quality, excreted coccidia egg levels, haptoglobin levels (reflection of inflammatory status), viral BVD infection, BRS, PI3 and calf growth were measured. A follow-up of the health record was carried out. The results were processed by parametric (ANOVA, linear regression) and non-parametric (Mann-Withney and Spearman correlation) statistical tests. It emerged that the more a calf consumed product, the higher its weight at day 45 and its GMQ were high. The other results were inconclusive. The test was conducted on a staff that was too weak and problems of non-consumption were revealed. It is necessary to continue the study on more animals with new more appetizing formulas.	
Mots-clés : supplémentation nutritionnelle, fonctions respiratoires, fonctions digestives, croissance, veaux Key Words: nutritional supplementation, respiratory functions, digestive functions, growth, calves	