



**HAL**  
open science

# Traitement ciblé sélectif contre les strongles gastro-intestinaux chez la brebis allaitante : mise en place dans deux lycées agricoles

Lucile Anglade, Justine Solas

## ► To cite this version:

Lucile Anglade, Justine Solas. Traitement ciblé sélectif contre les strongles gastro-intestinaux chez la brebis allaitante : mise en place dans deux lycées agricoles. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04168118

**HAL Id: dumas-04168118**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04168118v1>

Submitted on 21 Jul 2023

**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.

ANNEE 2023 THESE : 2023 – TOU 3 – 4040

---

# TRAITEMENT CIBLE SELECTIF CONTRE LES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX CHEZ LA BREBIS ALLAITANTE : MISE EN PLACE DANS DEUX LYCEES AGRICOLES

---

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**ANGLADE Lucile**

et

**SOLAS Justine, Cécile, Colette, Josèphe**

**Directeur de thèse : M. Philippe JACQUIET**

---

**JURY**

PRESIDENT :

**M. Alain DUCOS**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESEURS :

**M. Philippe JACQUIET**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**M. Fabien CORBIERE**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRES INVITES :

**M. Rodolphe PUIG**

Technicien ovin, Chambre d'Agriculture du Lot

**M. Laurent SOLAS**

Technicien ovin, Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire



**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation  
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

**Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire**

**Directeur : Professeur Pierre SANS**

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

**PROFESSEURS 1<sup>ère</sup> CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*

**PROFESSEURS 2<sup>ème</sup> CLASSE**

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et économie de la santé animale*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

## MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
- Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

## MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*
- Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
- M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*
- Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
- Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
- Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
- M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
- Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales règlementées*
- Mme **WARET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*
- Mme **PALIERNE Sophie**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **GAIDE Nicolas**, *Anatomie Pathologique*

## INGENIEURS DE RECHERCHE

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
- M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
- M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
- M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
- Mme **DEBREUQUE Maud**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
- Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
- Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
- Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
- Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **RAMON PORTUGAL Félipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*
- M. **DELPONT Mattias**, *Clinique Aviaire*
- Mme **POUJADE Agnès**, *Anatomie pathologique Vétérinaire*
- Mme **LAYSSOL-LAMOUR Catherine**, *Imagerie Médicale*
- Mme **SAADA Chloé**, *Gestion intégrée de la santé des ruminants*

# Remerciements

*A notre Jury de thèse,*

**Monsieur le Professeur Alain DUCOS,**  
Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Zootchnie*

Qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse. Qu'il trouve ici l'expression de nos sincères remerciements et nos respectueux hommages.

**Monsieur le Professeur Philippe JACQUIET,**  
Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Parasitologie et maladies parasitaires – Zoologie*

Qui nous fait l'honneur d'avoir accepté la direction de cette thèse. Pour sa grande disponibilité, son aide précieuse et son investissement dans ce projet. Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde gratitude et de notre respect le plus sincère.

**Monsieur le Professeur Fabien CORBIERE,**  
Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Pathologie des ruminants*

Qui nous fait l'honneur de participer à ce jury de thèse et nous a aiguillé dans le traitement statistique de nos données. Qu'il trouve ici l'expression de nos sincères remerciements.

**Monsieur Rodolphe PUIG,**  
Technicien ovin de la Chambre d'Agriculture du Lot,

**Et**  
**Monsieur Laurent SOLAS,**  
Technicien ovin de la Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire

Qui ont accepté de participer à l'élaboration de ce projet. Pour votre aide sur le terrain à l'organisation des expériences et pour la collecte des échantillons. Veuillez trouver ici l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.

*A l'ensemble des personnes ayant contribué à ce travail,*

**Les responsables des lycées agricoles, à savoir Messieurs Bernard JOLIS, Paul GOUSSET, Mickaël FLOQUET, Julien MELOUX, et Madame Agathe CHEVALIER,**

Pour leur participation à cette étude et leur aide si précieuse dans la mise en place de ce projet.

**L'équipe du laboratoire de parasitologie de l'ENVT, Mesdames Christelle GRISEZ, Sophie JOUFFROY, Léa BORDES, Julie PETERMANN, Kenza BOURRIER,**

Qui ont su nous guider et nous aider d'un regard bienveillant lors de la réalisation de nos coproscopies ainsi que nos PCR. Nous vous adressons nos sincères remerciements pour votre précieuse contribution et votre soutien.

**Mesdames Laurence SAGOT et Myriam DOUCET,**

Pour leur aide dans l'élaboration et la mise en place de ce projet.

**Madame Laurine JEANNIN,**

Pour son enquête auprès des éleveurs bourguignons. Sincères remerciements.

**Nos familles et amis,**

Qui nous ont accompagnées et soutenues tout au long de ce parcours. Qu'ils trouvent ici toute notre gratitude et notre amour.





# TABLE DES MATIERES

---

<b>Table des figures</b> .....	<b>13</b>
<b>Table des tableaux</b> .....	<b>17</b>
<b>Table des équations</b> .....	<b>19</b>
<b>Table des annexes</b> .....	<b>20</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>22</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>24</b>
<b>PARTIE 1 : BIOLOGIE DES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX CHEZ LES OVINS</b> .....	<b>26</b>
<b>1 Élevage allaitant en France</b> .....	<b>27</b>
<b>2 Généralités et classification des strongles gastro-intestinaux chez les petits ruminants</b> .....	<b>28</b>
<b>3 Biologie des strongles gastro-intestinaux et signes cliniques associés....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Espèces majeures et distribution géographique des strongles gastro-intestinaux</b> .....	<b>30</b>
3.1.1 <i>Hæmonchus contortus</i> .....	30
3.1.2 <i>Teladorsagia circumcincta</i> .....	31
3.1.3 <i>Trichostrongylus colubriformis</i> .....	32
<b>3.2 Cycle de développement des strongles gastro-intestinaux</b> .....	<b>33</b>
3.2.1 Phase libre dans l'environnement.....	34
3.2.2 Phase parasitaire dans l'hôte .....	35
3.2.3 Phénomène d'hypobiose.....	36
<b>3.3 Physiopathogénie des strongles gastro-intestinaux</b> .....	<b>37</b>
3.3.1 Symptomatologie des strongles gastro-intestinaux .....	37
3.3.2 Pathogénie des strongles gastro-intestinaux .....	38
<b>3.4 Épidémiologie</b> .....	<b>42</b>
3.4.1 Influence environnementale sur le stade de développement.....	42
3.4.2 Influence de l'hôte et du parasite sur le développement larvaire .....	45
<b>3.5 Diagnostic de laboratoire</b> .....	<b>47</b>

3.5.1	Coproscopies.....	47
3.5.2	Coproculture de mélange.....	52
3.5.3	Identification morphologique.....	53
3.5.4	Identification molécule par quantitative Polymerase Chain Reaction (qPCR) .....	56
3.5.5	Diagnostic post-mortem des strongyloses .....	58
<b>PARTIE 2 : METHODES DE LUTTE CONTRE LES STRONGLES GASTRO- INTESTINAUX ET RESISTANCE AUX ANTHELMINTHIQUES.....</b>		<b>60</b>
<b>1</b>	<b>Traitements pharmacologiques : utilisation d'anthelminthiques de synthèse</b>	<b>61</b>
<b>2</b>	<b>Gestion actuelle du parasitisme .....</b>	<b>65</b>
<b>3</b>	<b>Les méthodes alternatives aux traitements de synthèse .....</b>	<b>66</b>
<b>3.1</b>	<b>lutte contre les sources de contamination : gestion des pâturages.....</b>	<b>67</b>
3.1.1	Mise au repos des pâtures .....	67
3.1.2	Gestion de la densité de population.....	68
3.1.3	Pâturages mixtes .....	68
3.1.4	Rotation des pâtures .....	69
3.1.5	Lutte biologique.....	70
3.1.6	Anthelminthiques non synthétiques .....	72
<b>3.2</b>	<b>Amélioration sur l'hôte.....</b>	<b>72</b>
3.2.1	Alimentation .....	73
3.2.2	Vaccination .....	73
3.2.3	Sélection génétique d'animaux résistants.....	74
<b>4</b>	<b>Principales résistances aux anthelminthiques.....</b>	<b>76</b>
<b>4.1</b>	<b>Définition.....</b>	<b>76</b>
<b>4.2</b>	<b>Mécanismes d'apparitions des résistances ou facteurs influençant l'apparition de résistances .....</b>	<b>77</b>
<b>4.3</b>	<b>Mécanismes de résistance aux anthelminthiques de synthèse .....</b>	<b>79</b>
<b>5</b>	<b>État des lieux des résistances .....</b>	<b>81</b>
<b>5.1</b>	<b>Dans le monde .....</b>	<b>81</b>
<b>5.2</b>	<b>En Europe.....</b>	<b>83</b>
<b>5.3</b>	<b>En France .....</b>	<b>87</b>

<b>6</b>	<b><i>Mise en évidence d'une résistance in vivo</i></b> .....	<b>90</b>
<b>PARTIE 3 : APPORTS DU TRAITEMENT CIBLE SELECTIF DANS LA LUTTE CONTRE LES STRONGYLOSES DIGESTIVES</b> .....		
<b>1</b>	<b><i>Principe du traitement ciblé sélectif et notion de population refuge</i></b> .....	<b>94</b>
1.1	Traitements ciblés et traitements ciblés sélectifs .....	94
1.2	Notion de population refuge .....	95
<b>2</b>	<b><i>Critères de sélection des animaux à traiter</i></b> .....	<b>96</b>
2.1	Intensité d'excrétion fécale .....	97
2.2	Note d'état corporel .....	99
2.3	Gain moyen quotidien .....	101
2.4	Score de diarrhée .....	102
2.5	FAMACHA® .....	104
2.6	Présence d'un œdème sous-mandibulaire .....	106
2.7	Age des animaux .....	106
2.8	Production laitière .....	106
<b>3</b>	<b><i>Résultats attendus</i></b> .....	<b>108</b>
3.1	Proportion d'animaux traités .....	108
3.2	Impact sur les performances zootechniques .....	111
3.3	Réduction de la vitesse de propagation des résistances .....	115
3.4	Impact économique .....	116
<b>PARTIE 4 : MISE EN PLACE DU TRAITEMENT CIBLE SELECTIF DANS DEUX LYCEES AGRICOLES</b> .....		
<b>1</b>	<b><i>Introduction et problématique</i></b> .....	<b>119</b>
<b>2</b>	<b><i>Matériel et méthodes</i></b> .....	<b>120</b>
2.1	Choix des élevages .....	120
2.2	Présentation des élevages .....	120
2.2.1	Elevage C .....	120

2.2.2	Elevage F .....	123
<b>2.3</b>	<b>Évaluation de l'état d'avancée des résistances dans ces élevages ....</b>	<b>126</b>
2.3.1	Constitution des lots.....	126
2.3.2	Marquage, prélèvement et traitement à J0.....	130
2.3.3	Prélèvement à J14 .....	131
2.3.4	Analyse coprologique.....	131
<b>2.4</b>	<b>Traitement ciblé sélectif en élevage .....</b>	<b>132</b>
2.4.1	Choix des critères utilisés pour le TCS .....	133
2.4.2	Mise en place du traitement ciblé sélectif.....	134
2.4.3	Coproscopies de contrôle.....	137
2.4.4	Valorisation des données de l'élevage.....	138
<b>2.5</b>	<b>Analyses au laboratoire .....</b>	<b>138</b>
2.5.1	Coproscopies.....	139
2.5.2	Coproculture et obtention des larves infestantes par lot.....	139
2.5.3	Identification morphologique des larves.....	140
2.5.4	PCR quantitative en temps réel.....	142
<b>2.6</b>	<b>Méthodes d'analyses des résultats .....</b>	<b>146</b>
2.6.1	Calcul du FECRT .....	146
2.6.2	Analyses statistiques descriptives .....	146
<b>3</b>	<b>Résultats.....</b>	<b>149</b>
<b>3.1</b>	<b>Évaluation des résistances.....</b>	<b>149</b>
3.1.1	Élevage C.....	149
3.1.2	Élevage F .....	159
<b>3.2</b>	<b>Mises en place du traitement ciblé sélectif .....</b>	<b>163</b>
3.2.1	Élevage C.....	163
3.2.2	Élevage F .....	206
<b>4</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>230</b>
<b>4.1</b>	<b>Mise en place du traitement ciblé sélectif .....</b>	<b>230</b>
<b>4.2</b>	<b>Application de l'arbre décisionnel .....</b>	<b>231</b>
4.2.1	Évaluation des performances de l'arbre décisionnel .....	231
4.2.2	Critère âge des animaux .....	232
4.2.3	Critère trace de diarrhée .....	232
4.2.4	Critère état corporel .....	232

<b>4.3</b>	<b>Conséquences du traitement ciblé sélectif sur les paramètres zootechniques .....</b>	<b>233</b>
<b>4.4</b>	<b>État des lieux des résistances et évolution de l'helminthofaune au cours de l'étude.....</b>	<b>235</b>
4.4.1	Nouvelles recommandations pour la réalisation de FECRT .....	235
4.4.2	Élevage C .....	237
4.4.3	Elevage F .....	238
	<b><i>Conclusion générale</i> .....</b>	<b>240</b>
	<b><i>Bibliographie</i>.....</b>	<b>241</b>
	<b><i>Annexes</i>.....</b>	<b>254</b>

# Table des figures

Figure 1: Cheptels régionaux de brebis et d'agnelles saillies en 2021 x1000 (Institut de l'élevage, CNE 2022) .....	27
Figure 2: Œuf d' <i>Haemonchus contortus</i> (longueur : 80-100 $\mu$ m, largeur : 40-50 $\mu$ m) , (Beugnet, Polack, Dang 2004).....	31
Figure 3 : Œuf de <i>Teladorsagia circumcincta</i> (longueur : 6-12 mm, largeur: 0,1 mm ), (Beugnet, Polack, Dang 2004].....	32
Figure 4: Œuf de <i>Trichostrongylus colubriformis</i> (longueur: 90-100 $\mu$ m, largeur: 40-50 $\mu$ m), (Beugnet, Polack, Dang 2004) .....	33
Figure 5 : Cycle biologique des principaux strongles gastro-intestinaux des ovins .....	34
Figure 6 : Température de développement des trois principales espèces de strongles gastro-intestinaux présent chez les ovins (O'Connor, Walkden-Brown, Kahn 2006). Les températures les plus optimales de développement sont indiquée par des cases. ....	43
Figure 7 : Schéma de la méthode de coproscopie utilisée (Bonnetfont, Canellas 2014) .....	49
Figure 8 : Œufs de strongles gastro-intestinaux observés au microscope x400.....	49
Figure 9 : Cellule de McMaster.....	50
Figure 10 : Méthode de réalisation d'une coproscopie de mélange (Bonnetfont, Canellas 2014).....	51
Figure 11 : Protocole simplifié de la technique de coproculture (Perrier 2021) .....	53
Figure 12 : Arbre de décision pour l'identification microscopique des larves infectieuses des nématodes gastro-intestinaux. a : Classification préliminaire basée sur la longueur de la queue gainée, b : Classification secondaire (au sein de chaque groupe respectif de queue gainée : A, B, C) basée sur des caractéristiques morphologiques et morphométriques supplémentaires (Knoll et al. 2021).....	55
Figure 13 : Représentation des différents moyens de lutte alternative contre les strongles gastro-intestinaux .....	66
Figure 14 : Schéma explicatif de la sélection de strongles résistant (adapté de Jacquet 2019).....	77
Figure 15 : Prévalence estimée de la résistance aux benzimidazoles (BZ), au lévamisole (LEV), aux avermectines (ML ; lactones macrocycliques) et à la moxidectine (MOX) chez les nématodes gastro-intestinaux chez les ovins. D'après Rose Vineer et al. (2021) .....	84
Figure 16 : Notion de population refuge, adapté d'après Greer et al. 2020.....	95
Figure 17 : The Five Point Check® (Bath, van Wyk 2009).....	97
Figure 18 : Evolution de la température et de la pluviométrie sur la commune de l'élevage C entre décembre 2020 et décembre 2022 à partir des relevés Météociel®.....	121
Figure 19 : Frise chronologique des événements de l'élevage C en 2021 .....	122
Figure 20 : Frise chronologique des événements de l'élevage C en 2022 .....	123
Figure 21 : Evolution de la température et de la pluviométrie à 7 km de l'élevage F entre décembre 2020 et décembre 2022, à partir des relevés Météociel®.....	124
Figure 22 : Frise chronologique des événements de l'élevage F en 2021 .....	125

Figure 23 : Frise chronologique des évènements de l'élevage F en 2022 .....	126
Figure 24 : Protocole expérimental d'un test d'efficacité.....	132
Figure 25 : Clé dichotomique aidant l'éleveur à la décision du traitement.....	134
Figure 26 : Clé de diagnose utilisée pour l'identification morphologique des larves de strongles gastro-intestinaux (Knoll et al. 2021) .....	141
Figure 27 : Schéma d'une larve de nématode (a = longueur totale, b = extrémité caudale, c = extension caudale de la gaine, d = filament) (van Wyk, Mayhew 2013).....	142
Figure 28 : Exemple de plan de plaque utilisé pour la réalisation d'une qPCR. Légende : TEXT : témoin d'extraction, TNEG : témoin négatif qui ne contient pas d'ADN.....	144
Figure 29 : Helminthofaune FECRT élevage C, n = nombres de larves observées.....	158
Figure 30 : Helminthofaune FECRT élevage F, n = nombres de larves observées.....	162
Figure 31 : Proportion de brebis traitées et non traitées lors de TCS_C_1 .....	163
Figure 32 : Excrétion fécale d'œufs de SGI classée par ordre croissant lors de TCS_C_1 .....	164
Figure 33 : Excrétion fécale d'œufs de strongles selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) de traitement lors de TCS_C_1 .....	167
Figure 34 : Répartition des NEC selon la décision de traitement lors de TCS_C_1 .....	168
Figure 35 : Relation entre la note d'état corporel et le jugement du berger .....	168
Figure 36 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la NEC lors de TCS_C_1 .....	169
Figure 37 : Excrétion fécale d'œufs de strongles selon le millésime lors de TCS_C_1 .....	170
Figure 38 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la classe d'âge lors de TCS_C_1.....	170
Figure 39 : Excrétion fécale d'œufs de SGI en fonction du pré pâturé lors de TCS_C_1.....	171
Figure 40 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la participation au FECRT 2021 lors de TCS_C_1 (0 : non traitée, 1 : traitée).....	172
Figure 41 : Poids moyen des agneaux au sevrage selon que les mères ont été traité (1) ou non (0) lors de TCS_C_1 .....	173
Figure 42 : Matrice de Spearman pour TCS_C_1 (Taille portée = taille de la portée d'avril 2021, Nb élevé = nombre d'agneau élevé par la brebis) .....	174
Figure 43 : Proportion de brebis traitées et non traitées lors de TCS_C_2 .....	175
Figure 44: Excrétions fécales d'œufs de SGI classées par ordre croissant lors de TCS_C_2 .....	176
Figure 45 : Excrétions fécales d'œufs de SGI selon la décision de traitement lors de TCS_C_2 .....	177
Figure 46 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon le millésime lors de TCS_C_2.....	178
Figure 47 : Note d'état corporelle des brebis selon la décision de traitement lors de TCS_C_2 .....	179
Figure 48: Répartition des NEC selon que les brebis sont jeunes (millésime 2020) ou non lors de TCS_C_2.....	180
Figure 49 : Relation entre la NEC et le jugement de l'état par le berger lors de TCS_C_2.....	180
Figure 50 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la NEC lors de TCS_C_2 .....	181
Figure 51 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la classe de NEC lors de TCS_C_2 .....	182
Figure 52 : Intensité d'excrétion fécale d'œufs de SGI selon la présence (1) ou l'absence (0) de traces de diarrhée lors de TCS_C_2 .....	182

Figure 53 : Taille de la portée selon la décision de traitement lors de TCS_C_2 (0 = non traité, 1 = traité)	183
Figure 54 : Poids moyen de la portée selon la décision de traitement lors de TCS_C_2, (0 = non traité, 1 = traité)	184
Figure 55 : Mortinatalité selon la décision de traitement lors de TCS_C_2	184
Figure 56 : Poids-âge-type à 30 jours des agneaux en fonction de la décision de traitement des mères lors TCS_C_2	185
Figure 57 : Matrice de Spearman pour TCS_C_2 (Taille portée = taille de la portée en février/avril 2022, Poids portée = poids moyen des agneaux de la portée à la naissance).	187
Figure 58 : Excrétion fécale d'œufs de SGI à la rentrée en bergerie selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) à la mise en lutte.	188
Figure 59 : Excrétion fécale d'œufs de SGI à la rentrée en bergerie selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) à la mise en lutte.	189
Figure 60 : Répartition des brebis traitées ou non lors de TCS_C_3	191
Figure 61 : Excrétion fécale d'œufs de SGI classés par ordre croissant lors de TCS_C_3	192
Figure 62 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la décision de traitement lors de TCS_C_3	193
Figure 63 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon le type de pâturage lors de TCS_C_3	194
Figure 64 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la présence (1) ou l'absence (0) de traces de diarrhée lors de TCS_C_3	194
Figure 65 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon le millésime lors de TCS_C_3	195
Figure 66: Note d'état corporel selon le millésime lors de TCS_C_3	196
Figure 67 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la NEC lors de TCS_C_3	196
Figure 68 : Relation entre la NEC et le jugement de l'état du berger lors de TCS_C_3	197
Figure 69 : Poids des agneaux au sevrage en fonction de la décision de traitement lors de TCS_C_3	198
Figure 70 : Matrice de corrélation de Spearman pour TCS_C_3	199
Figure 71: Répartition des 53 brebis ayant participées aux 3 TCS selon le nombre de traitements reçus	201
Figure 72 : Helminthofaune 2021-2022 élevage C, n = nombres de larves observées.	202
Figure 73 : Evolution des NEC des 53 brebis présentent aux 3 TCS	203
Figure 74 : Evolution de l'excrétion fécale d'œufs de SGI chez les brebis ayant participées au 3 TCS	203
Figure 75 : Étude de la sensibilité et de la spécificité de la prise de décision dans l'élevage C	204
Figure 76 : Répartition des brebis traitées ou non lors de TCS_F_1	206
Figure 77 : Excrétion fécale d'œufs de SGI classés par ordre croissant lors de TCS_F_1	207
Figure 78 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) lors de TCS_F_1	208
Figure 79 : Excrétion fécale selon le millésime lors de TCS_F_1	209
Figure 80 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la NEC lors de TCS_F_1	210
Figure 81: Répartition des NEC selon la décision de traitement lors de TCS_F_1	210



Figure 82: Relation entre la NEC et l'appréciation de l'état par le berger lors de TCS_F_1.....	211
Figure 83: Taille de la portée selon la décision de traitement lors de TCS_F_1.....	212
Figure 84 : Poids moyen des agneaux de la portée selon la décision de traitement lors de TCS_F_1 .....	212
Figure 85 : Matrice de corrélation de Spearman à l'occasion de TCS_F_1.....	213
Figure 86 : Excrétion fécale d'oeufs de SGI à la rentrée en bergerie selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) lors de TCS_F_1.....	214
Figure 87 : helminthofaune rentrée en bergerie octobre 2021 élevage F.....	215
Figure 88 : Répartition des brebis selon qu'elles ont été traitées ou non lors de TCS_F_2.....	216
Figure 89 : Excrétion fécale d'œufs de SGI classés par ordre croissant lors de TCS_F_2.....	217
Figure 90 : Excrétion fécale d'oeufs de SGI selon la décision de traitement lors de TCS_F_2.....	219
Figure 91 : Excrétion fécale d'oeufs de SGI selon le millésime lors de TCS_F_2.....	219
Figure 92 : Excrétion fécale d'oeufs de SGI selon la NEC lors de TCS_F_2.....	220
Figure 93 : Répartition des NEC selon la décision de traitement lors de TCS_F_2.....	221
Figure 94 : Relation entre la NEC et l'appréciation de l'état par le berger lors de TCS_F_2.....	221
Figure 95 : Taille de la portée en fonction de la décision de traitement lors de TCS_F_2.....	222
Figure 96 : Matrice de corrélation de Spearman à l'occasion de TCS_F_2.....	223
Figure 97 : Excrétion fécale d'œufs de SGI lors de TCS_F_2 selon la taille de la portée.....	223
Figure 98 : Évolution de la NEC des 34 brebis ayant participées aux 2 TCS de l'élevage F.....	225
Figure 99 : Évolution de l'excrétion fécale d'œufs de SGI des 34 brebis ayant participé aux 2 TCS de l'élevage F.....	226
Figure 100 : Helminthofaune 2021-2022 élevage F, n = nombres de larves observées.....	227
Figure : Étude de la sensibilité et de la spécificité de la prise de décision dans l'élevage F.....	228
Figure 102 : Nombre de traitements reçus par les brebis avant notre étude (n= nombre de brebis, famille = nombre de familles d'anthelminthiques différentes reçus par an).....	237

# Table des tableaux

Tableau 1 : Principales espèces des strongles chez les ruminants et leur localisation (Lefèvre, Blancou, Chermette 2003) .....	29
Tableau 2 : Durée des différentes phases de l'évolution des strongles chez l'hôte, (Zajac, Garza 2020b; O'Connor, Walkden-Brown, Kahn 2006).....	35
Tableau 3 : Différentes périodes prépatentes (Rahmann, Seip 2007) .....	36
Tableau 4 : Principales caractéristiques environnementales des stades libres des principaux nématodes présent chez les ovins (O'Connor, Walkden-Brown, Kahn 2006) .....	44
Tableau 5 : Molécules anthelminthiques disposant d'une autorisation de mise sur le marché en ovin en France (Bordes et al. 2020).....	64
Tableau 6 : Récapitulatif des résistances décrites en France en élevage allaitant depuis 2017, par département. FBZ : Fenbendazole ; MOX : Moxidectine ; IVM : Eprinomectine ; LEV : Levamisole ; MON : Monépanel ; CLO : Closantel. T : Transhumant ; NT : Non Transhuman (adapté de Jouffroy et al. 2022) .....	89
Tableau 7 : Seuils retenus dans la littérature concernant l'intensité d'excrétion fécale.....	98
Tableau 8 : Seuils retenus dans la littérature concernant la note d'état corporel (NEC).....	100
Tableau 9 : : Seuils retenus dans la littérature concernant le gain moyen quotidien (GMQ).....	101
Tableau 10 : Score DISCO selon (Cabaret et al. 2006).....	102
Tableau 11 : Seuils retenus dans la littérature concernant le score de diarrhée .....	103
Tableau 12 : Correspondance entre score FAMACHA© et hématocrite d'après (van Wyk, Bath 2002) .....	105
Tableau 13 : Seuils retenus dans la littérature concernant le score FAMACHA.....	105
Tableau 14: Seuils retenus dans la littérature concernant la production laitière.....	107
Tableau 15 : Réduction du nombre de traitements dans une stratégie de traitement ciblé sélectif (Greer et al. 2009; Kenyon et al. 2013).....	109
Tableau 16 : Performance des agneaux des différents lots dans l'étude de (Greer et al. 2009) .....	112
Tableau 17 : Evolution de la NEC des brebis dans l'étude de (Cornelius, Jacobson, Besier 2014), adapté de (Cornelius, Jacobson, Besier 2014).....	113
Tableau 18 : Récapitulatif des produits utilisés dans l'élevage C pour les FECRT.....	128
Tableau 19 : Récapitulatif des produits utilisés dans l'élevage F pour les FECRT .....	130
Tableau 20: Pourcentage de réduction d'excrétion fécale de l'élevage C en 2021. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge) .....	149
Tableau 21 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FECRT 2021 de l'élevage C .....	150
Tableau 22 : Résultat qPCR du FECRT 2021 de l'élevage C.....	152

<i>Tableau 23 : Pourcentage de réduction d'excrétion fécale de l'élevage C 2021 bis. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge) .....</i>	<i>153</i>
<i>Tableau 24 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FECRT bis 2021 de l'élevage C .....</i>	<i>154</i>
<i>Tableau 25 : Résultats qPCR du FECRT 2021 bis de l'élevage C.....</i>	<i>155</i>
<i>Tableau 26 : Pourcentage de réduction d'excrétion fécale de l'élevage C 2022. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge) .....</i>	<i>156</i>
<i>Tableau 27 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FERCT 2022 de l'élevage C .....</i>	<i>157</i>
<i>Tableau 28 : Pourcentage de réduction d'excrétion fécale 2021 élevage F. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge).....</i>	<i>159</i>
<i>Tableau 29 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FERCT 2021 de l'élevage F .....</i>	<i>160</i>
<i>Tableau 30 : Pourcentage de réduction d'excrétion fécale 2021 élevage F. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge).....</i>	<i>161</i>
<i>Tableau 31: Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FERCT 2021 de l'élevage F .....</i>	<i>161</i>
<i>Tableau 32 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du TCS 1 de l'élevage C .....</i>	<i>165</i>
<i>Tableau 33 : Résultats qPCR du TCS 1 de l'élevage C.....</i>	<i>166</i>
<i>Tableau 34 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du TCS 2 de l'élevage C .....</i>	<i>177</i>
<i>Tableau 35 : Mortinatalité en fonction de la période d'agnelage et de l'administration ou non d'un traitement.....</i>	<i>185</i>
<i>Tableau 36 : Répartition des brebis traitées de non traitées lors de TCS_C_2 selon qu'elles l'ont été ou non lors de TCS_C_1.....</i>	<i>187</i>
<i>Tableau 37 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 de la rentrée en bergerie janvier 2022 .....</i>	<i>190</i>
<i>Tableau 38 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 de la rentrée en bergerie mars 2022 .....</i>	<i>190</i>
<i>Tableau 39 : Seuil d'opg, sensibilité, spécificité, VPP et VPN de la prise de décision pour chaque manipulation de l'élevage C .....</i>	<i>205</i>
<i>Tableau 40 : Helminthofaune de l'élevage F lors de TCS_F_2.....</i>	<i>218</i>
<i>Tableau 41 : Nombre de traitement reçu pour les brebis ayant participées aux deux TCS de l'élevage F .....</i>	<i>224</i>
<i>Tableau 42 : Seuil d'opg, sensibilité, spécificité, VPP et VPN de la prise de décision pour chaque manipulation de l'élevage C .....</i>	<i>229</i>
<i>Tableau 43 : Performances zootechniques évalués et p-value associée selon le test de Wilcoxon...234</i>	

# Table des équations

Équation 1 : Calcul du nombre d'opg lorsque des œufs sont présents dans le réseau.....	50
Équation 2 : Calcul du nombre d'opg lors du comptage dans toute la chambre.....	50
Équation 3 : Calcul du FECR selon (Coles et al. 1992b).....	91
Équation 4: Calcul du nombre de larves présentes selon la méthode PCR.....	145
Équation 5 : Calcul de l'efficacité de la PCR.....	145
Équation 6 : Calcul du FECR selon (Coles et al. 1992b).....	146
Équation 7 : Calcul de l'indice de Youden.....	148
Équation 8 : Calcul de $d^2$ .....	148

# Table des annexes

<b>Annexe 1 : Grille de score FAMACHA® (van Wyk, Bath 2002).....</b>	<b>254</b>
<b>Annexe 2 : Objectifs de NEC selon le stade physiologique, à partir de (3-Points-cles-sur-IEtat-Corporel-des-ovins-INT-BCTI-2020-vf.pdf [03.2020]).....</b>	<b>254</b>
<b>Annexe 3 : Grille de répartition des NEC au sein d'un lot, (Lifetime Wool - more lambs better wool healthy ewes - Condition Scoring of Sheep [sans date]).....</b>	<b>255</b>
<b>Annexe 4: Evaluation de la Note d'État Corporel, adapté à partir de (3-Points-cles-sur-IEtat-Corporel-des-ovins-INT-BCTI-2020-vf.pdf [03.2020]).....</b>	<b>256</b>
<b>Annexe 5 : Suivi coproscopique de l'infestation parasitaire au cours de l'étude dans l'élevage C .....</b>	<b>256</b>
<b>Annexe 6 : Suivi coproscopique de l'infestation parasitaire au cours de l'étude dans l'élevage F .....</b>	<b>257</b>



# Liste des abréviations

BZ : benzimidazoles

FECR : faecal egg count reduction

FECRT : faecal egg count reduction test

GMQ : gain moyen quotidien

GMS : grandes et moyennes surface

ha : hectare

IC : intervalle de confiance

L1 : Stade larvaire 1

L2 : Stade larvaire 2

L3 : Stade larvaire 3

MT : methaphylactic / therapeutic regime

NEC : note d'état corporel

NST : neo-suppressive treatment

opg : œufs par gramme

OS : organisme de sélection

PAT 30 : poids âge type 30 jours

PPR : periparturient rise

Se : sensibilité

SGL : strongles gastro-intestinaux

Sp : spécificité

SPT : strategic prophylactic treatment

TCS : traitement ciblé sélectif

TCS\_C\_1 : 1<sup>ère</sup> manipulation de traitement ciblé sélectif dans l'élevage C

TCS\_C\_2 : 2<sup>ème</sup> manipulation de traitement ciblé sélectif dans l'élevage C

TCS\_C\_3 : 3<sup>ème</sup> manipulation de traitement ciblé sélectif dans l'élevage C

TCS\_F\_1 : 1<sup>ère</sup> manipulation de traitement ciblé sélectif dans l'élevage F

TCS\_F\_2 : 2<sup>ème</sup> manipulation de traitement ciblé sélectif dans l'élevage F

TST : targeted selective treatment

VPN : valeur prédictive négative

VPP : valeur prédictive positive

WAAVP : World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology





# Introduction

Dans les élevages de brebis allaitantes, la gestion du parasitisme interne revêt un enjeu important en termes de santé des animaux et de résultats technico-économiques. En effet, l'infestation des animaux au pâturage par des strongles gastro-intestinaux a des conséquences néfastes sur les productions de viande (GMQ), de lait et de laine (Mavrot, Hertzberg, Torgerson 2015) et peut même conduire à une mortalité massive en cas d'épisode d'hæmonchose (Saccareau et al. 2017).

Depuis les années 1950, la gestion des strongyloses digestives a reposé principalement sur l'emploi d'anthelminthiques de synthèse. Toutefois, leur usage massif a conduit à l'apparition de résistances. En France, les cas de résistances et de multirésistances se multiplient à mesure qu'on les recherche (S. Jouffroy et al. 2022).

Dès lors, une approche intégrée de la gestion du parasitisme est nécessaire. Elle ne doit plus être uniquement basée sur l'utilisation des molécules anthelminthiques mais doit prendre en compte des leviers d'action s'intéressant à l'hôte (sélection génétique, alimentation voire vaccination) et au pâturage (rotation des parcelles, gestion de la densité des animaux, recours au pâturage mixte voire lutte biologique). La mise en place de traitement ciblé sélectif est également une solution majeure. Cette modalité de traitement vise à ne traiter, au sein d'un lot et aux moments opportuns (ciblage), uniquement les animaux pâtissant le plus de l'infestation par les strongles gastro-intestinaux (sélectivité). Cela permet d'établir une population de strongles non soumis aux anthelminthiques et donc à la pression de sélection qu'ils exercent. On parle de population refuge (Greer et al. 2020). Ainsi, la part de strongles résistants sur une pâture est diluée. L'objectif est alors de limiter l'apparition et la propagation de résistances. Aujourd'hui, l'enjeu est de déterminer des critères pour sélectionner les animaux à traiter et pouvoir transformer le concept du traitement ciblé sélectif en recommandations pratiques pour les éleveurs (Besier 2008; Cabaret 2008).

Après une partie bibliographique présentant la biologie des strongles gastro-intestinaux des ovins, seront abordées les méthodes de lutte et la résistance. Puis les

intérêts et limites du traitement ciblé sélectif dans la lutte contre les strongyloses digestives seront précisés d'après les données de la littérature.

Enfin la quatrième partie de cette thèse consistera en l'évaluation de résistances et la mise en place de traitement ciblé sélectif dans deux élevages ovins allaitant dans le Lot et en Saône-et-Loire.

---

**PARTIE 1 : BIOLOGIE DES  
STRONGLES GASTRO-  
INTESTINAUX CHEZ LES OVINS**

---

# 1 ÉLEVAGE ALLAITANT EN FRANCE

Avec 5,5 millions de d'ovins adultes en 2020 la France est le 3<sup>ème</sup> producteur européen derrière le Royaume-Uni et l'Espagne.

La production ovine française se divise en trois types de production : la production bouchère issue de l'élevage allaitant, la production laitière issue des élevages laitiers et la production de laine qui reste très minoritaire par rapport aux deux autres productions.

La production ovine compte 65 360 élevages dont 61 133 d'ovins allaitants et 6 081 laitiers. Les élevages allaitants sont répartis sur tout le territoire français, leur concentration est plus importante dans le Sud de la France (région Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes et PACA). Il existe de nombreuses races allaitantes avec un mélange de race sélectionnées pour leur caractère bouchère (Romane, Berrichon du Cher ou Texel par exemple) et des races locales. (Interbev 2022)

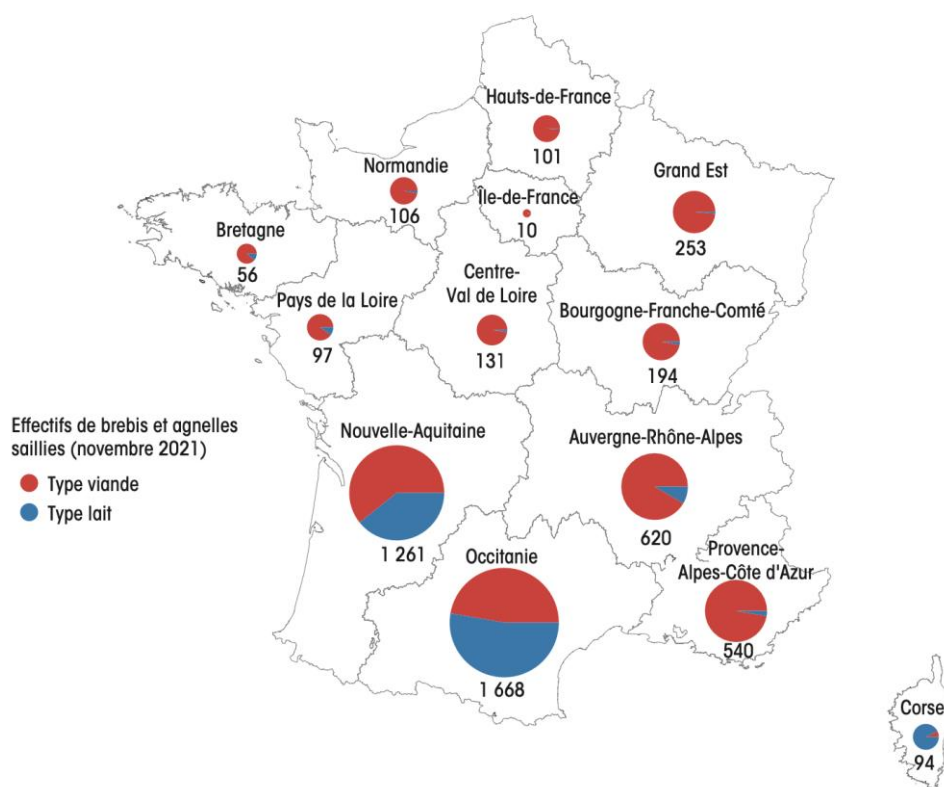


Figure 1: Cheptels régionaux de brebis et d'agnelles saillies en 2021 x1000 (Institut de l'élevage, CNE 2022)

## 2 GENERALITES ET CLASSIFICATION DES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX CHEZ LES PETITS RUMINANTS

---

Les strongyloses gastro-intestinales sont des infestations du tube digestif par des nématodes. Dans les élevages de ruminants, ils provoquent de graves troubles sanitaires et économiques.

Les nématodes sont des vers cylindriques, non segmentés, possédant un tube digestif complet. Cette famille se compose de nombreuses espèces à vie libre, ou parasite des animaux ou des végétaux. Ils sont très fréquemment présents sur les pâtures de l'hexagone, ce qui en fait une pathologie majeure chez les ruminants.

Les nématodes sont composés de plusieurs ordres, nous ne nous intéresserons qu'à un seul.

Dans l'ordre des Strongylida, on trouve trois superfamilles dont deux nous intéresseront pour la suite (Bussiéras, Chermette 1991) :

- Les Trichostrongylidea : ils présentent une capsule buccale absente ou rudimentaire. Il existe plusieurs genres : *Teladorsagia*, *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Cooperia*, *Nematodirus*, etc.
- Les Strongylidea : ce sont des strongles   capsule buccale bien développée avec les genres *Chabertia* et *Oesophagostomum*.

Chez les petits ruminants, les espèces les plus importantes en termes de fréquence et de pathogénicité sont *Haemonchus contortus* et *Teladorsagia circumcincta* dans la caillette et *Trichostrongylus colubriformis* dans l'intestin grêle. Ces trois espèces représentent 95% de la charge parasitaire en strongles présente chez les ovins.

Ce sont celles-ci qui retiendront notre attention pour le reste de notre étude.

Super-famille	Famille	Sous-famille	Genre	Espèce	Hôte	Localisation adultes	Répartition géographique	
Trichostrongyloidea	Trichostrongylidés	Haemonchidés	<i>Haemonchus</i>	<i>contortus</i>	Ovins, Caprins	Abomasum	Cosmopolite, zones tropicales humides ++	
				<i>placei</i>	Bovins			
				<i>bispinosus</i>	Ovins, Caprins			
				<i>longistipes</i>	Camélins, Ovins, Caprins			
		Trichostrongylinés	<i>Trichostrongylus</i>	Abomasum	<i>axei</i>	Bovins, ovins, Caprins, Equidés, Porcin		
					Intestin grêle	<i>colubriformis</i>	Ovins, Caprins (Bovins)	
						<i>vitrinus</i>	Ovins, Caprins	
						<i>capricola</i>	Ovins, Caprins	
				Abomasum	<i>probulurus</i>	Camélins (ovins, Caprins, Bovins)		
					Abomasum	<i>ostertagi</i>	Bovins (Ovins)	
						<i>leptospicularis</i>	Cervidés (Ovins)	
		Cooperiinés	<i>Cooperia</i>	Intestin grêle	<i>Teladorsagia circumcincta</i>	Ovins, Caprins	Abomasum	Cosmopolite
					<i>curticei</i>	Ovins, Caprins		
					<i>oncophora</i>	Bovins		
					<i>punctata</i>	Bovins		
		Molinéidés	Nematodiriné	<i>Nematodirus</i>	Intestin grêle	<i>pectinata</i>	Bovins	
<i>filicollis</i>	Ovins, Caprins (Bovins)							
<i>spathiger</i>	Ovins, Caprins (Bovins)							
<i>battus</i>	Ovins (Bovins)							
Strongyloidea	Strongylidés	Chabertiinés	<i>Chabertia</i>	<i>ovina</i>	Ovins, Caprins (Bovins)	Colon	Cosmopolite	
								Trichonématidés
	<i>venulosum</i>	Ovins, Caprins	Colon	Cosmopolite				
	<i>radiatum</i>	Bovins, Buffle						

Tableau 1 : Principales espèces des strongles chez les ruminants et leur localisation (Lefèvre, Blancou, Chermette 2003)

## 3 BIOLOGIE DES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX ET SIGNES CLINIQUES ASSOCIES

---

### 3.1 ESPECES MAJEURES ET DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX

#### 3.1.1 *Hæmonchus contortus*

*Hæmonchus contortus* est le strongle gastro-intestinal le plus retrouvé chez les ovins en zone tropicale, subtropicale et dans les zones tempérées.

Sa pathogénie est essentiellement celle d'une anémie hémorragique aiguë due au mode de nutrition hématophage des vers. Chaque ver prélève environ 0,05 ml de sang par jour par ingestion et infiltration des lésions, de sorte qu'un mouton atteint de 5000 adultes peut perdre environ 250 ml de sang par jour (Urquhart et al. 1996).

*H. contortus* est un parasite originaire d'Afrique subsaharienne mais sa distribution est mondiale du fait de sa grande capacité d'adaptation aux différents climats (Zajac, Garza 2020a).

Au stade adulte, ce nématode mesure 15 à 35 mm de long sur 0,4 à 0,6 mm de large. Il est facilement identifiable du fait de sa localisation spécifique dans la caillette des ovins et de sa couleur brun-rosé dû à son mode de nutrition.

Son extrémité antérieure possède des papilles céphaliques bien développées et une ébauche de capsule buccale conique renfermant une petite lancette.

Cette petite lancette est le vestige d'une dent perforante qui lui permet d'atteindre la lumière des capillaires sanguins de la muqueuse. Cette dent disparaît juste avant la dernière mue (Jacquiet 2020).

On retrouve également un dimorphisme sexuel. Les femelles possèdent deux cordons génitaux blancs spiralés s'enroulant autour du tube digestif qui lui est de couleur rouge. La vulve est quant à elle localisée aux trois-quarts de la longueur du corps et est souvent surmontée d'une languette supra-vulvaire. Le mâle est plus petit que la femelle et possède une couleur rosée uniforme. Sa bourse copulatrice est formée de

deux grands lobes latéraux et d'un lobe dorsal asymétrique supporté par une côte en Y renversée. Au niveau du lobe dorsal, on retrouve également deux spicules en forme de harpon. La bourse caudale possède également un gubernaculum (Bouhsira, Liénard 2019).

Les œufs sont de forme ellipsoïde (longueur : 80-100  $\mu\text{m}$ , largeur : 40-50  $\mu\text{m}$ ) composés d'une coque mince ovulaire, contenant une morula avec quelques blastomères qui ne remplissent pas la totalité de l'œuf (Bussiéras, Chermette 1991) . Les femelles sont très prolifiques. En effet, elles peuvent produire jusqu'à 10 000 œufs par jour dans des conditions optimales (Lacroux 2006).



Figure 2: Œuf d'*Haemonchus contortus*(longueur : 80-100  $\mu\text{m}$ , largeur : 40-50  $\mu\text{m}$ ) , (Beugnet, Polack, Dang 2004)

### 3.1.2 *Teladorsagia circumcincta*

Appelé jusqu'au début des années 2000, *Ostertagia circumcincta*, il est aussi connu sous le nom de « ver brun de l'estomac ». Ce ver est le deuxième plus prédominant dans l'espèce ovine tant par sa présence que par sa pathogénicité (Urquhart et al. 1996).

Les adultes sont des vers minces, de couleur brun-rougeâtre, mesurant 6-12 mm de long sur 0,1 mm de large. Ils se retrouvent à la surface de la muqueuse de la caillette et sont chymivores. Les stades larvaires se trouvent dans les glandes gastriques de la caillette, ces dernières sont histophages (Urquhart et al. 1996).

La distribution de *T. circumcincta* est mondiale et il est plus particulièrement présent dans les zones tempérées et froides avec de nombreuses précipitations hivernales. L'infestation touche plus particulièrement les jeunes animaux (Urquhart et al. 1996).



D'un point de vue morphologique, son extrémité antérieure possède une capsule buccale vestigiale, cylindroïde présentant des papilles cervicales.

On retrouve également un dimorphisme sexuel. L'appareil reproducteur des femelles présente une languette supra vulvaire. La bourse copulatrice du mâle est formée de deux grands lobes latéraux réunis par un petit lobe dorsal médian. Au niveau du lobe dorsal, on retrouve également deux spicules courts et trifurqués en leurs extrémités. La bourse caudale possède également un gubernaculum.

Les œufs ont les mêmes caractéristiques que ceux d'*H. contortus* à la différence qu'ils sont un peu plus grand avec une taille de 60-105 µm de longueur sur 30-55 µm de large (Jacquet 2020).

Les femelles sont moins prolifiques que celles d'*Haemonchus contortus* : elles produisent en moyenne 100 à 200 œufs par jours et par femelle (Lacroux 2006).

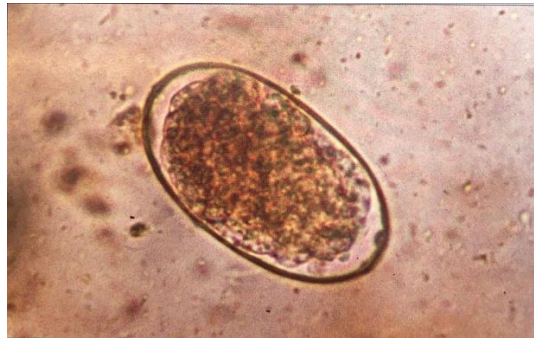


Figure 3 : Œuf de *Teladorsagia circumcincta* (longueur : 6-12 mm, largeur: 0,1 mm ), (Beugnet, Polack, Dang 2004)]

### 3.1.3 *Trichostrongylus colubriformis*

*Trichostrongylus colubriformis* est un parasite de la portion proximale de l'intestin grêle des petits ruminants.

Sa distribution géographique est mondiale. De plus, cette espèce tolère des températures de développement des stades larvaires beaucoup plus basses que *Hæmonchus contortus*, ce qui en fait un parasite présent une très grande partie de l'année (Urquhart et al. 1996).

Les adultes sont des petits vers très fins, ressemblant à des poils, non discernables à l'œil nu (longueur inférieure à 7 mm, diamètre très fin). Il n'y a pas de différence de taille entre les mâles et les femelles. Ils se logent dans des tunnels créés entre les cellules épithéliales de l'intestin grêle et s'accrochent à la muqueuse grâce à la présence de crêtes cuticulaires du synlophe. Leur régime alimentaire est donc

chymivore. Ces vers ne possèdent pas de capsule buccale. La femelle possède une encoche excrétrice distincte dans la région de l'œsophage, une queue effilée de façon émoussée et son appareil reproducteur ne présente pas de languette supra-vulvaire. L'appareil reproducteur mâle présente des spicules courts, plus ou moins tordus et asymétriques. La bourse caudale possède également un gubernaculum (Urquhart et al. 1996).

Les œufs mesurent 90-100  $\mu\text{m}$  de long sur 40-50  $\mu\text{m}$  de large et possèdent les mêmes caractéristiques que les deux précédentes espèces (figure 4).

La fécondité des femelles est moins importante que celle du genre *Hæmonchus* : le nombre d'œufs excrétés n'excède que rarement les 100 œufs par jour et par femelle (Lacroux 2006).

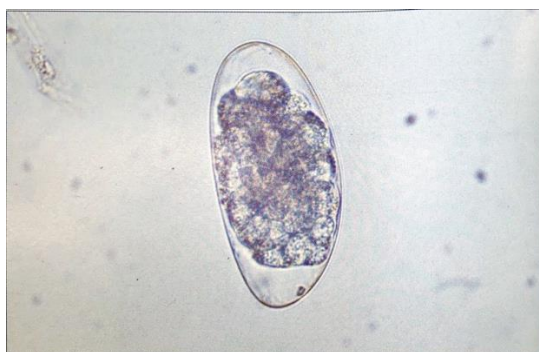


Figure 4: Œuf de *Trichostrongylus colubriformis* (longueur: 90-100  $\mu\text{m}$ , largeur: 40-50  $\mu\text{m}$ ), (Beugnet, Polack, Dang 2004)

### **3.2 CYCLE DE DEVELOPPEMENT DES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX**

Le cycle biologique des principaux strongles gastro-intestinaux chez les ovins est monoxène (un seul hôte). Il comprend deux phases : une phase libre dans les pâturages (phase exogène) et une phase parasitaire dans l'hôte (phase endogène) (Jacquiet 2020).

## Cycle biologique SGI (monoxène)

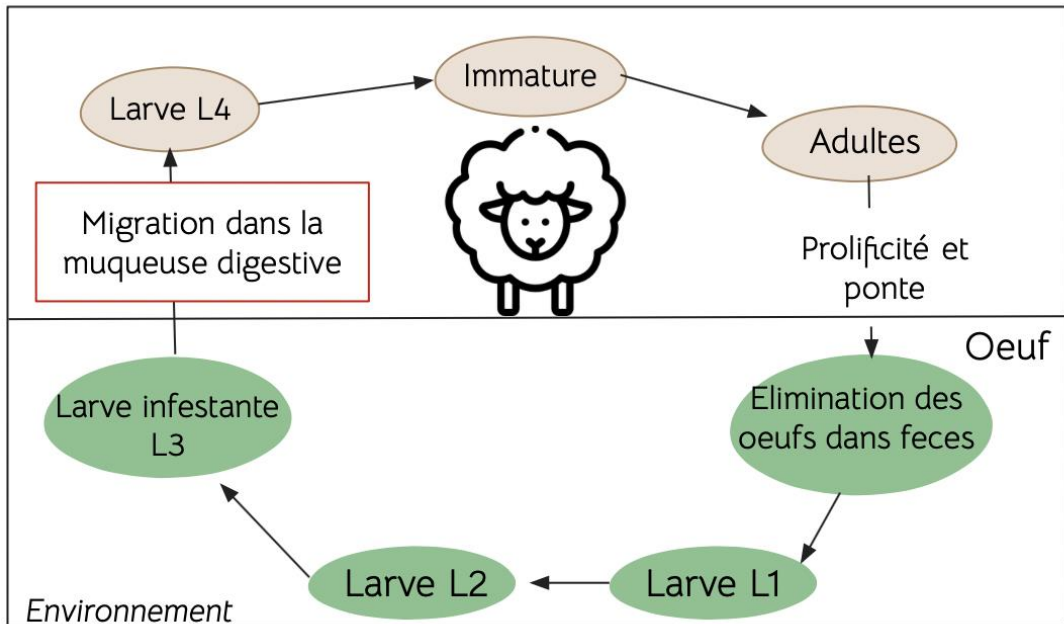


Figure 5 : Cycle biologique des principaux strongles gastro-intestinaux des ovins

### 3.2.1 Phase libre dans l'environnement

Le stade libre du cycle commence par l'expulsion des œufs dans l'environnement avec les matières fécales. Ces œufs s'embryonnent et après éclosion libèrent le premier stade larvaire (L1). Ces L1 muent en un deuxième stade larvaire (L2) en perdant leur cuticule.

Ces deux premiers stades se nourrissent de matière organique ainsi que de petits micro-organismes présents dans les matières fécales.

Les L2 muent de manière incomplète et se développent en un troisième stade larvaire (L3) qui est infestant pour la brebis. Mais les L3 sont isolés de l'environnement car ils restent engainés dans l'exuvie (enveloppe) de la L2. Ils ne peuvent donc pas se nourrir et doivent survivre avec les nutriments acquis et stockés lors des deux premiers stades larvaires. Cette cuticule permet aux L3 d'être plus résistants dans l'environnement. Les L3 sont très mobiles et peuvent ainsi sortir de la gangue fécale puis se hisser sur les brins d'herbe, ce qui favorise leur ingestion par l'hôte définitif (Issouf 2013).

La durée nécessaire au développement des œufs jusqu'au stade larvaire L3 dépend de la température et de l'humidité de l'environnement. La durée minimale nécessaire au développement, dans des conditions climatiques optimales, des œufs d'*H. contortus* jusqu'au stade L3 est de 3 à 4 jours. Mais dans des conditions moins

favorables, ce développement peut mettre jusqu'à plusieurs semaines (Zajac, Garza 2020b).

### 3.2.2 Phase parasitaire dans l'hôte

La phase parasitaire débute par l'ingestion des L3 infestantes par un hôte lors du pâturage. Pour *Haemonchus contortus* et *Teladorsagia circumcincta*, une fois la L3 dans le rumen, elle se libère de sa gaine. Puis elle se développe dans la muqueuse de la caillette en stade larvaire 4 (L4). À ce stade, les larves effectuent une dernière mue pour atteindre le stade immature (stade 5). Au stade adulte, les vers ont acquis leur maturité sexuelle. Les femelles libèrent leurs œufs dans la lumière du tube digestif. Ces œufs sont ensuite expulsés avec les matières fécales. Chaque strongle présente des phases de développement différentes, présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Durée des différentes phases de l'évolution des strongles chez l'hôte, (Zajac, Garza 2020b; O'Connor, Walkden-Brown, Kahn 2006)

	<b><i>Hæmonchus contortus</i></b>	<b><i>Trichostrongylus colubriformis</i></b>
<b>Présence des L3 dans l'organe cible après ingestion</b>	2 <sup>ème</sup> jours	2 <sup>ème</sup> – 5 <sup>ème</sup> jours
<b>Mue des L3 en L4</b>	4 <sup>ème</sup> - 5 <sup>ème</sup> jours	7 <sup>ème</sup> – 8 <sup>ème</sup> jours
<b>Évolution des L4 en stade 5</b>	9 <sup>ème</sup> – 11 <sup>ème</sup> jours	15 <sup>ème</sup> jour
<b>Apparition des premiers stades adultes</b>	18 <sup>ème</sup> jour	20 <sup>ème</sup> jour

La durée entre l'ingestion des larves infestantes et la première ponte par les femelles est d'environ 3 semaines, cette phase est la période prépatente. Ces périodes diffèrent selon les strongles présents chez les ovins (tableau 3).

Tableau 3 : Différentes périodes prépatentes (Rahmann, Seip 2007)

	<b>Période prépatente</b>
<b><i>Hæmonchus contortus</i></b>	2 à 4 semaines
<b><i>Teladorsagia circumcincta</i></b>	17 à 28 jours
<b><i>Trichostrongylus colubriformis</i></b>	2 à 4 semaines

### 3.2.3 Phénomène d'hypobiose

Les strongles gastro-intestinaux sont également capables de subir une période d'arrêt de développement ou inhibition chez l'hôte, c'est ce que l'on appelle le phénomène d'hypobiose. Après infestation, les larves peuvent devenir métaboliquement inactives, cette période peut aller jusqu'à plusieurs mois, puis reprendre leur cycle de développement. Cette interruption du cycle est facultative et ne survient que chez certains animaux, dans certaines circonstances ou à certaines périodes de l'année.

En effet, le stimulus initiant l'arrêt du développement peut être exogène ou d'ordre immunologique. Pour les principales espèces présentes chez les ovins, le stimulus impliqué est le plus souvent environnemental. Il est perçu par les stades libres dans l'environnement avant ingestion par l'hôte. Ce phénomène peut être vu comme une stratégie mise en place par le parasite pour éviter des conditions climatiques défavorables (Zajac, Garza 2020b; Urquhart et al. 1996).

L'immunité de l'hôte semble jouer également un rôle. En effet, les animaux les plus âgés, hébergent un plus grand taux de larves hypobiotiques (Zajac, Garza 2020b).

Trois éléments doivent être mis en évidence simultanément afin de pouvoir parler d'hypobiose (Lefèvre, Blancou, Chermette 2003) :

- Les larves inhibées retrouvées au sein de l'hôte doivent être au même stade du cycle évolutif et celui-ci est caractéristique de l'espèce. Il s'agit de la L3 pour *T. colubriformis* ou de la L4 pour *H. contortus* et *T. circumcincta*.
- Les larves sont de même taille, immobiles, inactives et leur métabolisme est réduit. Elles peuvent se situer en surface de l'organe, dans les glandes de la muqueuse digestive ou plus en profondeur dans la sous-muqueuse. On n'observe pas d'atteinte liée à une quelconque réaction immunitaire de l'hôte et elles sont également moins sensibles aux anthelminthiques.
- Le nombre de larves inhibées doit être plus important que les autres stades du parasite au sein de l'hôte.

Le parasite demeure donc immature au sein de son hôte jusqu'au retour de conditions environnementales plus favorables à l'évolution des stades libres sur les pâturages.

### **3.3 PHYSIOPATHOGENIE DES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX**

Dans cette partie, nous allons aborder les symptômes présents lors d'infestations par les strongles gastro-intestinaux puis détailler les mécanismes pathologiques associées.

#### **3.3.1 Symptomatologie des strongles gastro-intestinaux**

Les symptômes liés à l'infestation par les strongles gastro-intestinaux sont principalement une anémie et des symptômes digestifs. Cependant, il existe plusieurs formes de strongylose digestive (Bussiéras, Chermette 1991; Urquhart et al. 1996).

Les formes aiguës des strongyloses, sont rares et sont présentes uniquement dans des cas particuliers comme lors d'infestations massives par *H. contortus*. Elles causent des anémies sévères pouvant entraîner la mort rapidement (Bussiéras, Chermette 1991; Urquhart et al. 1996).

Les formes chroniques seront différentes selon le parasite mis en cause : les symptômes se traduisent par une anémie, de la diarrhée ou le plus souvent un mélange des deux.

Le syndrome de l'anémie est dû principalement à *H. contortus* et se traduit par différents symptômes : une perte d'appétit, des animaux faibles, essoufflés et amaigris. Des symptômes locaux sont également présents avec une pâleur des régions à peau fine et surtout une décoloration des muqueuses. D'un point de vue hématologique, l'anémie est microcytaire hypochrome.

Les symptômes digestifs sont dus aux autres espèces parasitaires. On retrouvera un appétit irrégulier avec parfois du pica, une diarrhée profuse, abondante, liquide et rejetée loin derrière souillant la queue et l'arrière-train (Bussiéras, Chermette 1991; Urquhart et al. 1996).

Lors d'évolution chronique, on retrouve les mêmes principaux signes cliniques. L'anémie et la diarrhée retentissent sur l'état général des animaux d'où l'apparition de retard de croissance des agneaux, de l'amaigrissement, une faiblesse généralisée ainsi qu'une détérioration de la toison qui devient cassante et tombante. Durant cette phase, l'évolution des animaux est très variable et dépend de la réceptivité de l'hôte. Cependant, dans les formes très sévères d'hæmonchose, on retrouve également de la cachexie et des œdèmes, notamment au niveau de l'auge. Il s'ensuit un décubitus latéral puis la mort (Bussiéras, Chermette 1991; Urquhart et al. 1996).

### **3.3.2 Pathogénie des strongles gastro-intestinaux**

Nous allons maintenant aborder les mécanismes pathogéniques à l'origine des signes cliniques évoqués précédemment, dans un premier temps à l'échelle cellulaire puis à l'échelle de l'organisme.

#### **3.3.2.1 Mécanismes pathogéniques à l'échelle cellulaire**

Les strongles gastro-intestinaux, agissent directement à l'échelle cellulaire par plusieurs mécanismes d'action en lien avec leur cycle de développement et leurs caractéristiques biologiques (Bussiéras, Chermette 1991; Urquhart et al. 1996; Lefèvre, Blancou, Chermette 2003).

##### **3.3.2.1.1 Action mécanique et irritative**

Lors de l'infestation par les SGI, une action traumatique se produit par la fixation des strongles à la paroi digestive. En effet, *H. contortus* possède une lancette buccale afin de dilacérer la muqueuse de la caillette et de permettre l'accès aux vaisseaux sanguins de la lamina propria. Concernant les strongles chymivores, leur contact étroit entre leurs cuticules et les villosités intestinales, sont responsables d'une abrasion tissulaire, donc d'une altération des villosités.

De plus, pour la majorité des espèces de strongles, les larves pénètrent dans la paroi plus ou moins profondément ce qui provoque la compression et la disjonction des assises cellulaires ainsi que l'occlusion des culs-de-sac glandulaires.

#### 3.3.2.1.2 Action chimique

Des lésions tissulaires peuvent également être dues à l'action chimique des produits d'excrétion-sécrétion des strongles : mucopolysaccharides, prostanoïdes, lipides, peptides par exemple. Ces substances permettent d'assurer le développement, la survie et la reproduction du parasite chez son hôte. Chez *H. contortus*, par exemple, des cystéines protéases sont sécrétées. Ce sont des enzymes jouant un rôle majeur dans la nutrition et l'invasion tissulaire de la larve. Elles provoquent une dégradation des composants du tissu conjonctif comme l'élastine et le collagène, et facilitent ainsi l'accès des parasites aux vaisseaux sanguins. D'autres enzymes comme la phospholipase C et d'autres peptidases assurent quant à elles, la lyse cellulaire et la dégradation des protéines sanguines (hémoglobine, fibrinogène, plasminogène). Chez *T. circumcincta*, des métalloprotéases hydrolysent les protéines constitutives du tissu conjonctif, en particulier les chaînes de fibrinogène.

#### 3.3.2.1.3 Action spoliatrice

L'action spoliatrice est surtout due aux larves et adultes hématophages, comme *H. contortus* ou dans une moindre mesure *T. circumcincta*, par le prélèvement de sang. Le prélèvement sanguin est d'autant plus important que les vers produisent une sécrétion anticoagulante, si bien que le point de fixation saigne même lorsque le ver s'est détaché. Par exemple 400 vers adultes d'*H. contortus* absorbent 60 ml de sang



par jour. Ces petites saignées répétées ne suscitent pas de réaction hématopoïétique importante dans l'organisme d'où l'aggravation de l'anémie.

#### 3.3.2.1.4 Action antigénique

Cette action est très importante surtout chez les animaux non naïfs. Elle est surtout due aux antigènes métaboliques lors du dégainement des larves L3, des mues successives et des substances excrétées et sécrétées par les vers vivants. Cela permet l'établissement d'une immunité surtout locale avec la production d'IgA (mais faible chez les ovins avant l'âge de 7 mois) et le recrutement de cellules inflammatoires comme les mastocytes et les éosinophiles. Cette réaction immunitaire va conduire à une dégranulation des mastocytes de la lamina propria, aboutissant à la libération d'amines toxiques et à la production de mucus.

Cette immunité se manifeste surtout par une résistance acquise des animaux adultes, une diminution de l'installation des larves infestantes mais surtout une baisse de ponte des vers femelles et un ralentissement ou même d'un blocage du développement des larves. Cependant, lorsqu'elle est exacerbée, elle peut aboutir à des phénomènes inflammatoires nocifs plus ou moins étendus, et causer notamment de la diarrhée.

#### 3.3.2.1.5 Action toxique

On a retrouvé des toxines neurotropes troublant la régulation neurohormonale de l'hématopoïèse dans les cas d'hæmonchose aiguë.

### **3.3.2.2 Mécanismes pathogéniques à l'échelle de l'organisme**

À l'échelle de l'organisme, l'infestation par les strongles gastro-intestinaux entraîne une diminution de l'appétit, une diminution de la digestibilité des aliments et une modification du métabolisme. Tout ceci est à l'origine des signes cliniques évoqués précédemment. (Bussiéras, Chermette 1991; Urquhart et al. 1996; Lefèvre, Blancou, Chermette 2003).

#### 3.3.2.2.1 Diminution de l'appétit

Lors d'infestation par des SGI, une diminution de l'appétit est observée. Lorsqu'elle est très importante, elle peut causer une anorexie totale. Pour compenser cette baisse

d'ingestion, les animaux adoptent un comportement de tri et sélectionnent les aliments à forte concentration protéique.

Ces mécanismes ne sont pas encore très bien connus mais cette baisse d'appétit pourrait être due à une hypersécrétion de gastrine dans le cas d'une infestation par *T. circumcincta*. Dans le cas de trichostrongylose, on retrouve une hyperproduction de cholécystokinine. Ces deux molécules sont des enzymes gastro-intestinales agissant sur le centre de la satiété.

#### 3.3.2.2.2 Diminution de la digestibilité des aliments

Les strongyloses entraînent des lésions de la paroi des muqueuses, l'épithélium étant la structure la plus impactée. La modification de la sécrétion de suc gastrique, entraînant une diminution d'appétit et principalement des protéines est due à deux phénomènes. Le premier est imputable à l'infestation de la caillette par *T. circumcincta*. En effet, celle-ci provoque une modification des glandes gastriques, il en découle une hypersécrétion gastrique et une diminution de l'acidité. La baisse de l'acidité de la caillette diminue la transformation de pepsinogène en pepsine, indispensable à la digestion.

À l'inverse une trichostrongylose de l'intestin grêle provoque une altération des entérocytes. La lésion la plus caractéristique est l'abrasion des villosités intestinales, proportionnelle à la charge parasitaire. Or la nature de la bordure en brosse est due à l'expansion de la membrane apicale des cellules absorbantes, support membranaire de nombreuses enzymes. Ces lésions entraînent donc une diminution de l'activité enzymatique impliquée dans la dernière étape de la digestion.

Le deuxième phénomène est la perturbation de la motricité digestive, liée notamment à l'hypersécrétion de gastrine. Cela va influencer sur le temps de contact entre les nutriments et l'épithélium, ainsi que sur le bon transit du chyme.

Enfin, les lésions tissulaires et cellulaires provoquent une fuite plasmatique digestive en raison d'une perméabilité épithéliale accrue.

#### 3.3.2.2.3 Modification du métabolisme

Lors de strongyloses, la destruction tissulaire et les pertes protéiques digestives mettent à contribution le métabolisme de l'animal infesté, dont la priorité est de

maintenir l'intégrité du tractus digestif et l'homéostasie sanguine. Ainsi, l'anabolisme protéique est fortement accru dans le foie et les épithéliums lésés, au détriment des sites de production périphériques (muscles striés, tissus adipeux, mamelle, follicules pileux).

### **3.4 ÉPIDEMIOLOGIE**

La distribution variée et la présence saisonnière de chacune des trois espèces principales de SGI sont particulièrement intéressantes afin de pouvoir mieux les connaître et ainsi adapter les méthodes de lutte. L'infestation dépend des conditions environnementales mais également du parasite et de l'hôte (Bussiéras, Chermette 1991; Urquhart et al. 1996; Lefèvre, Blancou, Chermette 2003; O'Connor, Walkden-Brown, Kahn 2006; Zajac, Garza 2020b).

#### **3.4.1 Influence environnementale sur le stade de développement**

Chaque parasite possède ses propres optima de conditions climatiques, de température et de précipitation pour le développement et la survie de ses stades libres. Ces paramètres seront décrits par la suite pour chacun.

*Hæmonchus contortus*, est l'espèce de nématode la plus importante dans les zones tropicales et subtropicales. Cependant, il a su développer des stratégies afin de survivre dans les zones tempérées de l'Europe.

*Teladorsagia circumcincta* et *Trichostrongylus* spp. sont des parasites dominants dans les zones tempérées à froides où la pluviométrie est uniforme ou irrégulière de par leur grande capacité à résister à la dessiccation et à se développer à des températures basses. Cependant *Trichostrongylus* spp peut également se développer dans des zones tropicales et subtropicales (Bussiéras, Chermette 1991).

La température et l'humidité sont déterminantes pour le taux de réussite et la vitesse de développement.

Différentes températures ont été étudiées afin de comprendre l'influence de ce facteur sur le développement larvaire. Ainsi des températures de développement limites et optimales ont pu être déterminées (figure 6). Les larves de *T. circumcincta* se

développent à des températures allant de 0 à 35°C avec une température optimale entre 15 et 30°C. Nous pouvons également remarquer que les températures de développement de *T. circumcincta* sont beaucoup plus basses que celles d'*H. contortus*. Ce dernier possède en effet des températures de développement variant de 10 à 41°C avec un optimum entre 25 et 37°C. Concernant *T. colubriformis*, ses températures de développement se situent entre les deux parasites précédents avec un optimum entre 22 et 33°C. Cependant, pour des températures basses, le développement est possible mais seul un faible pourcentage d'œufs peut se développer jusqu'au stade infestant.

La température influence également le temps de développement des larves. Par exemple, un œuf de *H. contortus* mettra 6,4 jours à se développer en L3 à 20°C contre 2,5 jours à 37°C.

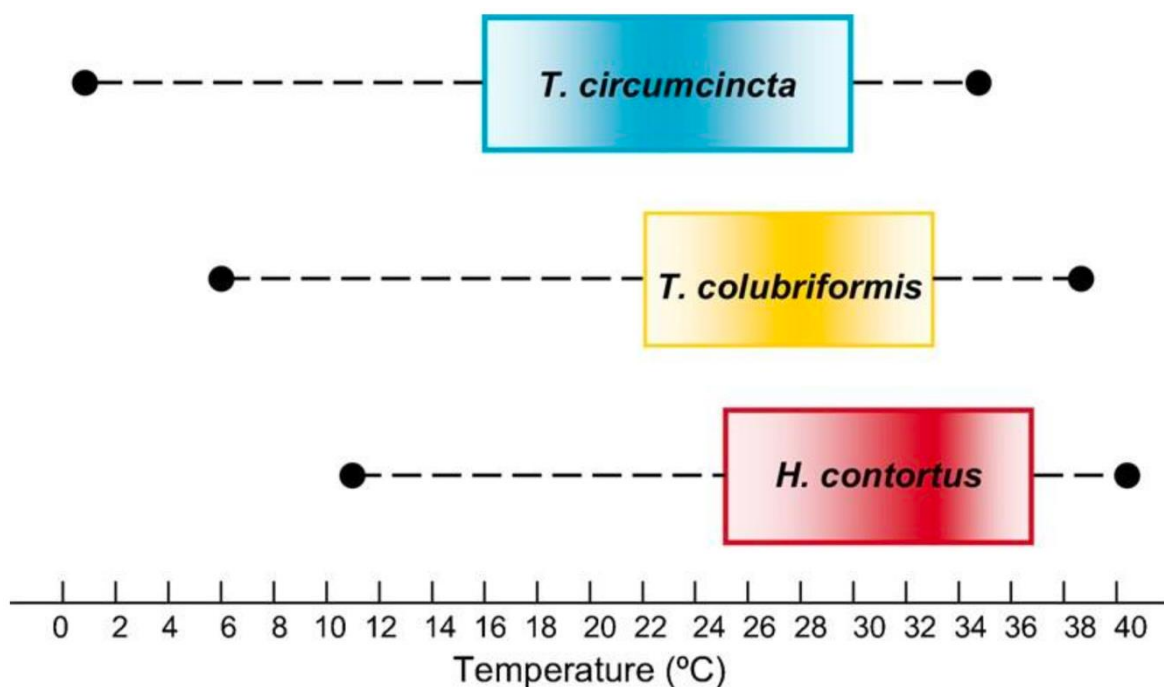


Figure 6 : Température de développement des trois principales espèces de strongles gastro-intestinaux présent chez les ovins (O'Connor, Walkden-Brown, Kahn 2006). Les températures les plus optimales de développement sont indiquée par des cases.

Le pourcentage d'humidité influence également le développement larvaire, il a été déterminé expérimentalement. Pour *H. contortus*, à une température optimale, le pourcentage d'humidité optimale serait de 70%. Concernant *T. colubriformis* et *T. circumcincta*, cette humidité serait de 65 et 60% respectivement.

Cependant chaque étape de développement des stades libres des SGI dépend de la température et de l'humidité, mais également d'autres variables comme la nature du sol. Toutes les caractéristiques des différents stades larvaires des trois principaux SGI sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Principales caractéristiques environnementales des stades libres des principaux nématodes présent chez les ovins (O'Connor, Walkden-Brown, Kahn 2006)

Étape du cycle de vie	Œuf non embryonné	Œuf embryonné	Larves pré-infectieuse	Larves infectantes
<b><i>H. contortus</i></b>	Très sensible au froid et à la dessiccation. Mortalité élevée en dessous de 10°C.	Sensible au froid et à la dessiccation. Éclosion négligeable en dessous de 10°C. Faible taux d'éclosion en l'absence d'humidité.	Très sensible au froid et à la dessiccation.	Survie optimale par temps chaud et humide. Mauvaise survie par temps frais, chaud ou sec et lors d'hivers très froids.
<b><i>T. colubriformis</i></b>	Sensibilité intermédiaire au froid et à la dessiccation. Forte mortalité en dessous de 8°C.	Sensibilité intermédiaire au froid. Faible sensibilité à la dessiccation.	Sensible au froid. Mortalité élevée en dessous de 5°C. Sensible à la dessiccation.	Survie optimale en milieu frais ou par temps chaud et humide. Faible survie lors d'hivers très froids.
<b><i>T. circumcincta</i></b>	Faible sensibilité au froid. Viabilité élevée des œufs à 0-10°C. Sensibilité intermédiaire à la dessiccation.	Faible sensibilité au froid et à la dessiccation. Éclosion en dessous de 5°C.	Sensibilité au froid intermédiaire. Sensible à la dessiccation	Survie optimale dans le froid, par temps humide et lors d'hivers sub-glaciaux. Survie faible par temps chaud et sec.

Ainsi sous nos latitudes, on observe des pics de strongyloses en été et à l'automne. Très souvent, de nombreux animaux d'un même troupeau sont touchés simultanément, ce qui donne à cette infection une allure contagieuse.

### **3.4.2 Influence de l'hôte et du parasite sur le développement larvaire**

Les brebis hébergent des vers adultes qui rejettent des œufs dans l'environnement.

Chacun d'entre eux présente un rôle particulier dans l'infestation :

- L'espèce animale : l'espèce cible est l'ovin, mais d'autres espèces peuvent héberger des strongles. En effet, la chèvre, peut héberger les mêmes espèces de SGI. Plus rarement, les chevaux peuvent héberger certains strongles retrouvés chez les ovins (*Trichostrongylus axei*), de même que les lapins (*T. axei*, *T. colubriformis*).
- Le degré d'infestation : les animaux très infestés rejettent de nombreux œufs dans l'environnement et sont donc des sources de contamination importante.
- Les espèces parasites : comme dit précédemment certaines espèces de SGI sont plus prolifiques que d'autres. Effectivement une femelle d'*H. contortus* peut rejeter entre 5 et 10 000 œufs par jour, sachant qu'un ovin peut héberger jusqu'à 3000 femelles en même temps.
- La saison : au printemps, les excréments fécaux augmentent, en lien avec la fin de l'hypobiose larvaire. Une autre période clé est la lactation après la mise-bas. En effet une baisse d'immunité de la brebis autour de la mise bas permet une augmentation de la prolificité des femelles adultes de SGI déjà présentes chez la brebis. Elle permet aussi une prolongation de la période de ponte des femelles adultes.

Résistance des parasites :

- Chez l'hôte : les adultes ont une longévité de quelques mois mais le phénomène d'hypobiose permet aux larves de survivre tout l'hiver.
- Dans le milieu extérieur : dès que les conditions extérieures sont favorables, les L2 présentes sur les pâturages évoluent en L3. Le temps de développement dépend de la saison.
  - o En moyenne au printemps et à l'automne, la survie des larves est d'environ 3-4 mois, sauf pour *H. contortus* qui survit au maximum 2 mois.

- En hiver, de nombreuses larves sont détruites. Cependant, les larves de *Teladorsagia circumcincta* résistent relativement bien aux périodes de froid. Elles peuvent s'enfoncer dans le sol et n'en remonter qu'à l'été suivant. Les larves ayant survécu à l'hiver auront un pouvoir infestant moindre, mais une prolificité plus grande.
- Pendant les étés secs, la survie des larves ne dépasse pas 3-4 semaines habituellement, sauf pour *H. contortus* qui est très sensible à la dessiccation.
- Dans l'ensilage et dans les fourrages secs, les L3 sont détruites rapidement.

Le mode d'infestation est également à prendre en compte. La voie d'infestation pour les strongles gastro-intestinaux est essentiellement au pâturage par l'ingestion d'herbe. La dispersion des larves est facilitée chez les brebis par la consistance sèche de leurs fèces.

Il existe également des causes favorisant l'infestation, particularités liées à l'espèce ovine. En effet, les ovins broutent l'herbe très ras ce qui augmente le risque de rencontre avec les larves infestantes. Ils consomment également l'herbe dans les parties basses des prairies, zones les plus humides, donc plus riches en L3.

Certaines gestions d'élevages augmentent le risque d'infestation parasitaire comme le surpâturage dans certaines parcelles ce qui augmente la pression d'infestation, le séjour prolongé sur une même parcelle ainsi que l'introduction de jeunes au sevrage sur des prairies trop infestées.

Certaines brebis sont plus réceptives à l'infestation que d'autres. En effet, certaines races ou lignées de brebis ont été identifiées comme plus résistantes. L'âge est également à prendre en compte : les jeunes sont toujours plus réceptifs et plus sensibles, ils hébergent généralement plus de vers.

Un état de santé déficitaire des animaux peut également engendrer une augmentation de la réceptivité. Sont concernés tous les facteurs ayant tendance à affaiblir les animaux : gestation, lactation, maladies intercurrentes.

Pour finir, l'alimentation joue un rôle essentiel. La sous-alimentation et les carences en protéines, augmentent la réceptivité. Les carences en éléments minéraux (Fe, Cu, I, Mn) augmentent la sensibilité, mais les carences en P, Ca, Co affaiblissent l'hôte, mais aussi le parasite. Un apport de cobalt dans la ration provoque une augmentation de la ponte de *H. contortus*. Les carences en vitamine A, les excès de protéines (luzerne), les changements de régime (sevrage) augmentent la réceptivité.

Nous avons vu que le caractère saisonnier des strongyloses digestives est étroitement lié au climat et au système d'élevage. Cette particularité nous demande une bonne connaissance épidémiologique du terrain. Ainsi, pour chaque région, il convient d'apprécier pour chaque saison le degré d'infestation des animaux et des pâturages.

### **3.5 DIAGNOSTIC DE LABORATOIRE**

Pour mettre en évidence une infestation par les strongles gastro-intestinaux, plusieurs méthodes existent. Dans notre étude, nous utiliserons l'analyse coprologique, communément appelée « coproscopie » sur le terrain afin de mettre en évidence les œufs de SGI. Puis coproculture (culture des matières fécales pour permettre le développement des œufs en larves infestantes) nous permettra d'identifier les L3 selon deux méthodes, une identification morphologique et une analyse par PCR en temps réel.

#### **3.5.1 Coproscopies**

Le comptage des œufs de nématodes dans les fèces est la méthode la plus courante pour le diagnostic des infestations par les strongles gastro-intestinaux. Cette méthode est peu coûteuse, facile à réaliser et ne nécessite pas d'instrumentation spécialisée (Roeber, Jex, Gasser 2013).

Cette technique permet notamment d'estimer l'intensité de l'infestation, le niveau de contamination par les œufs de nématodes et d'évaluer l'efficacité des anthelminthiques (Roeber, Jex, Gasser 2013).



Différentes méthodes ont été développées, dont la méthode de flottation centrifuge directe, la technique de dilution de Stoll, la méthode de McMaster et la méthode de flottation de Wisconsin (Roeber, Jex, Gasser 2013). Seule la méthode de flottation en lame de McMaster sera présentée ci-dessous puisque c'est cette méthode qui est utilisée dans cette étude.

La technique utilisée est celle de McMaster modifiée par Raynaud (1979). Nous utiliserons cette technique dans notre étude, car elle est relativement rapide, ne présente pas d'étapes de centrifugation et est relativement facile à mettre en œuvre. Cette méthode repose sur le principe de l'enrichissement par flottaison. Elle consiste à mélanger les fèces avec une solution saturée en sel de densité 1,2, afin de permettre aux éléments les plus légers de remonter à la surface. Dans notre étude, nous utiliserons une solution saturée en sel (400g de sel de cuisine sont ajoutés dans 3 L d'eau).

Cette technique ne permet pas d'identifier précisément les différentes espèces de strongles, seule l'identification après coproculture le permettra.

Lors de notre étude, nous avons réalisé des coproscopies individuelles et de mélanges.

Lors de la réalisation de coproscopies individuelles, 3g de fèces sont délitées à l'aide d'un pilon dans 42 ml d'eau saturée en sel. La suspension est ensuite filtrée trois fois, à l'aide d'une passoire à thé, afin de retirer les plus grosses particules (figure 7). Après homogénéisation, un aliquote de cette suspension est aspiré puis déposé entre la lame et la lamelle d'une lame de McMaster (Roeber, Jex, Gasser 2013).

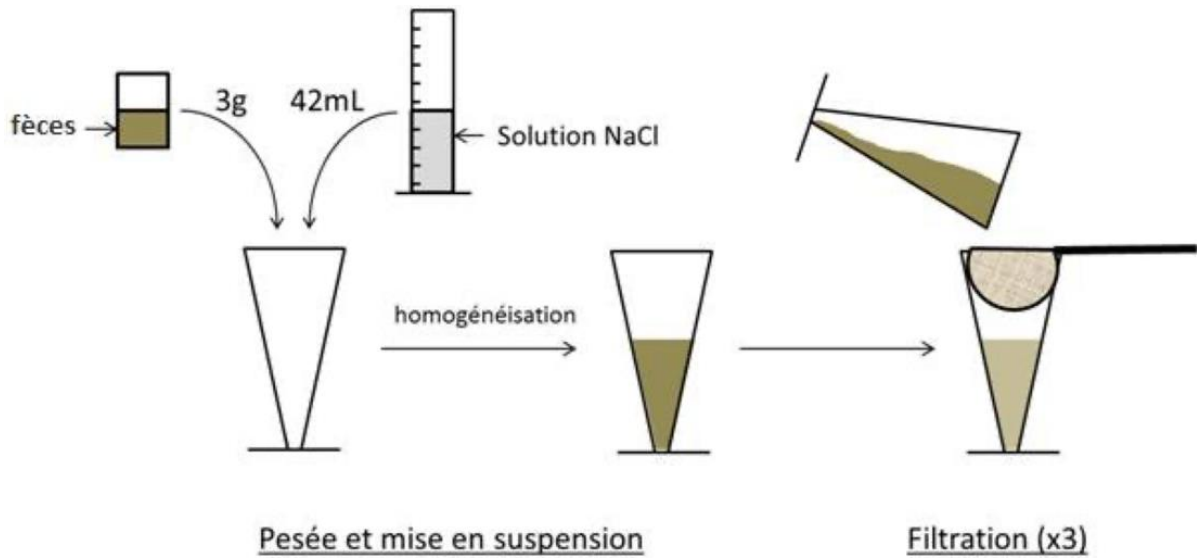


Figure 7 : Schéma de la méthode de coproscopie utilisée (Bonnefont, Canellas 2014)

Les œufs de strongles étant moins denses que le liquide de flottaison, au bout de 5 minutes environ, ils vont se concentrer à la surface de la lame. La lame est ensuite observée au microscope. Les œufs de strongles sont facilement observables au grossissement x50 ou x100. Comme décrit précédemment, les œufs sont de forme ellipsoïde, ils sont composés d'une coque mince ovale contenant une morula avec quelques blastomères qui ne remplissent pas la totalité de l'œuf (figure 8).

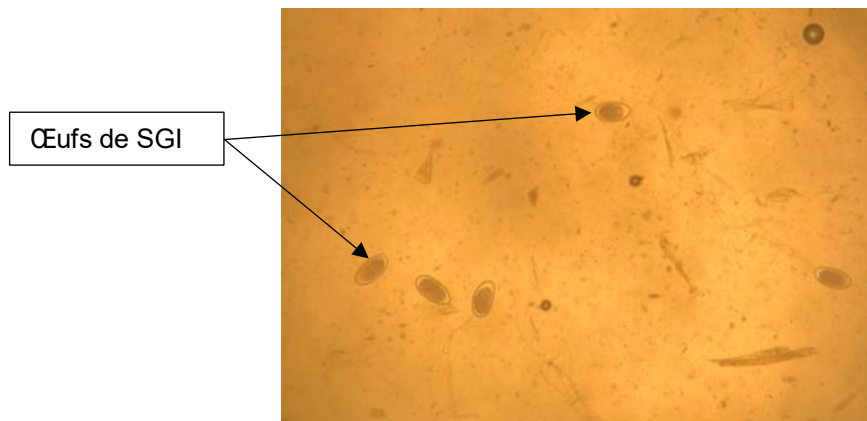


Figure 8 : Œufs de strongles gastro-intestinaux observés au microscope x400

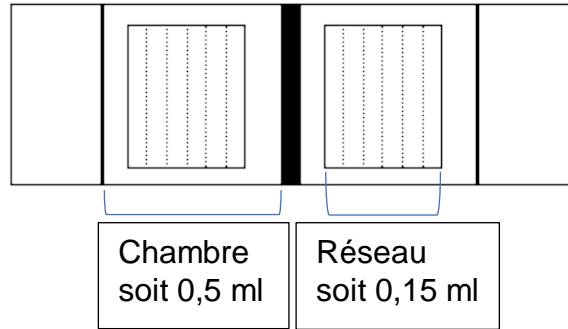


Figure 9 : Cellule de McMaster

Les œufs sont ensuite comptés, et le nombre est transformé en œufs par gramme (opg).

Au départ, 3g de matières fécales sont délités dans 42 ml de NaCl, soit 1 g pour 15 ml. La cellule de McMaster contient au total 1 mL, mais chaque réseau ne contient que 0,15 ml. Le volume des deux réseaux est donc de 0,3 ml. Ainsi, avec N le nombre d'œufs par gramme (opg), n le nombre d'œufs de strongles gastro-intestinaux comptés et n1 et n2 le nombre d'œufs de strongles gastro-intestinaux comptés dans le premier et le second réseau respectivement, on a :

Équation 1 : Calcul du nombre d'opg lorsque des œufs sont présents dans le réseau

$$N = n \times \left( \frac{42}{3} \times \frac{1}{0,3} \right) \text{ soit } N = (n1 + n2) \times 50 \text{ opg}$$

Cela signifie que dans ce cas 1 œuf compté sur la lame de MacMaster représente 50 opg.

Si le nombre d'œufs est trop faible et qu'aucun œuf n'est compté dans les réseaux, alors on compte le nombre d'œuf dans la totalité de la chambre. Dans ce cas, la formule est la suivante :

Équation 2 : Calcul du nombre d'opg lors du comptage dans toute la chambre

$$N = n \times 15 \text{ opg}$$

Ici, un œuf compté dans la chambre représente 15 opg.

Les coproscopies sont réalisables soit individuellement, soit par mélange (analyse des fèces de plusieurs animaux mélangés). Des études ont montré qu'il existe une très forte corrélation ( $r = 0,98$ ) entre les moyennes de 15 valeurs individuelles d'excrétion fécale et la moyenne de 2 valeurs obtenues après mélange des 15 prélèvements à tester, ce qui confirme qu'une analyse par coproscopie de mélange donne une bonne évaluation de l'intensité moyenne de l'excrétion fécale à l'échelle d'un lot (Bonnefont, Canellas 2014).

Il a également été montré une forte corrélation ( $r = 0,97$ ) entre les moyennes de 10 valeurs individuelles d'excrétion fécale et la moyenne après mélange (mélange de 3 grammes de 10 prélèvements individuels) (Morgan et al. 2005).

La différence avec la coproscopie individuelle réside dans la préparation de l'échantillon. En effet, dans un sachet en plastique, 1g de matière fécale est pesé pour chaque animal. Puis les 15 échantillons sont écrasés et mélangés, jusqu'à l'obtention d'un mélange macroscopiquement homogène. Ensuite la méthode reste la même que pour la coproscopie individuelle, avec le prélèvement de 3g de matière fécale et analyse par la méthode de McMaster.

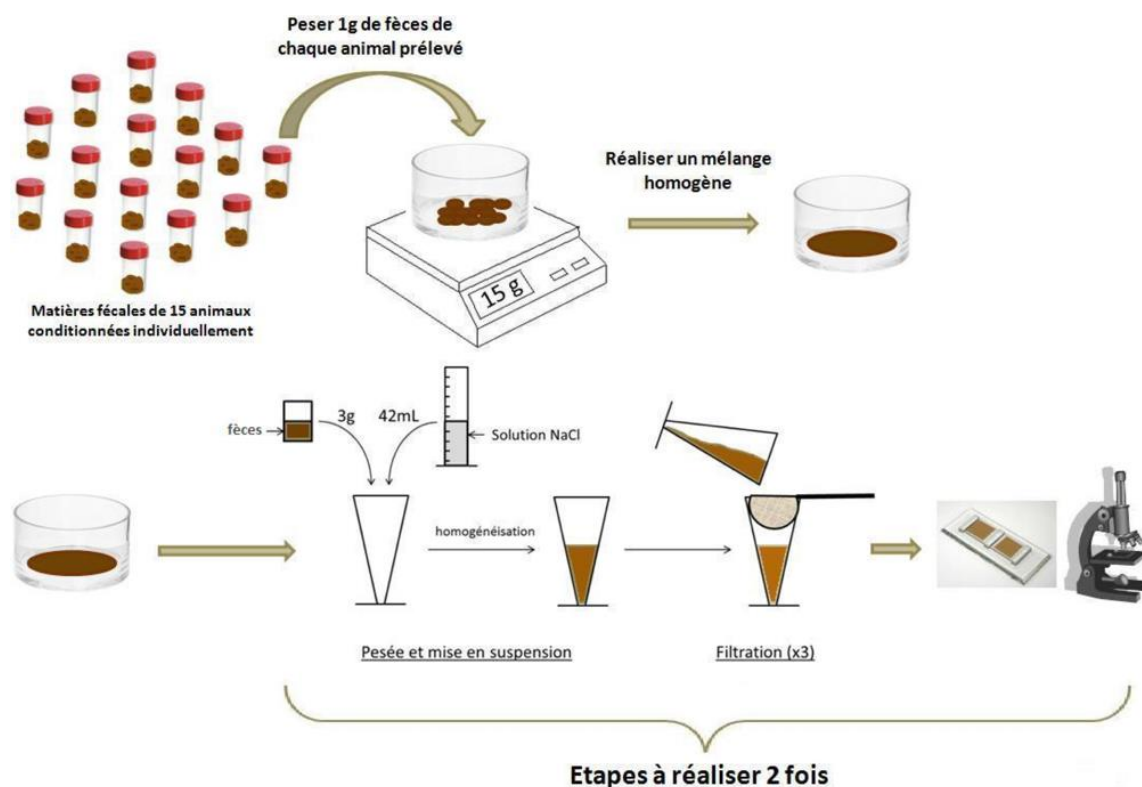


Figure 10 : Méthode de réalisation d'une coproscopie de mélange (Bonnefont, Canellas 2014)

D'autres méthodes existent ou sont en cours de développement afin de permettre une analyse sur le terrain. Avec le développement de FECPAK<sup>®</sup>, un kit de test diagnostique pour l'examen coproscopique, des efforts ont été faits pour fournir aux éleveurs de moutons une méthode réalisable sur le terrain. Cependant, la mise en œuvre d'une telle méthode nécessite la coopération des éleveurs, une formation adéquate et une assurance qualité pour garantir l'exactitude des diagnostics. La méthode FLOTAC<sup>®</sup> semble également être une méthode de comptage d'œuf prometteuse. Une fois validée pour différentes espèces d'hôtes et de parasites, cette méthode pourrait fournir des comptages d'œufs avec une sensibilité accrue (1 opg) et pourrait représenter une alternative aux techniques de flottaison actuelles (Roeber, Jex, Gasser 2013).

### **3.5.2 Coproculture de mélange**

La coproculture consiste à incuber des échantillons de matières fécales contenant des œufs de SGI pour permettre aux L1 d'éclore et de se développer jusqu'en L3. L'examen morphologique microscopique et la différenciation morphologique sont abordés dans la partie suivante (Roeber, Jex, Gasser 2013).

Plusieurs protocoles ont été publiés, qui diffèrent par les températures, les milieux utilisés et les durées de culture, et, ainsi que par la méthode de la récupération des larves infestantes. Comme évoqué dans la section précédente, chaque espèce de SGI possède ses propres conditions de développement (température et humidité relative). Le protocole le plus largement employé comprend une incubation à 25-27 °C pendant 7 jours (Roeber, Jex, Gasser 2013).

Le pot de coproculture est rempli d'un mélange de 3 à 5 grammes de fèces de plusieurs individus, puis est placé à l'étuve à 25°C pendant 10 à 15 jours. Tous les 2 à 3 jours, les matières fécales sont humidifiées par pulvérisation d'eau et brassé pour permettre une bonne oxygénation. À la fin de la période d'incubation, les pots sont remplis d'eau jusqu'à ras bord. Une boîte de Pétri est posée à l'envers sur le sommet du pot, puis l'ensemble est retourné et posé sur une surface plane. On remplit la boîte de Pétri d'eau à deux tiers de sa hauteur.

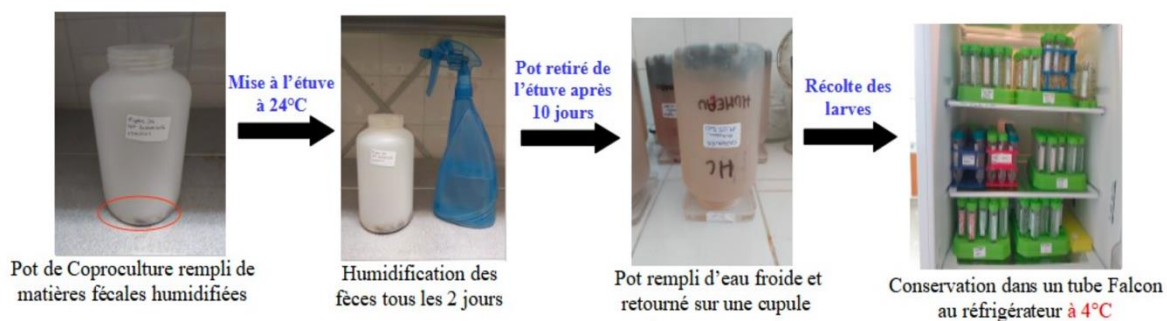


Figure 11 : Protocole simplifié de la technique de coproculture (Perrier 2021)

Les L3 présentes dans les matières fécales vont s'en extraire car elles recherchent la lumière et vont migrer dans le liquide contenu dans la boîte de Pétri. Ce liquide, riche en larves, est ensuite récolté par aspiration à l'aide d'une pipette, une première fois après 24h et une seconde fois après 48h. Ce liquide est ensuite placé dans un tube Falcon® correctement identifié. Les tubes Falcon® sont conservés au réfrigérateur à +4°C, au moins une semaine, pour que les larves sédimentent dans le culot du tube. Pour finir, le surnageant est éliminé à l'aide d'une pipette pour ne garder que 5 mL au total de la suspension larvaire dans chaque tube.

### 3.5.3 Identification morphologique

Afin de permettre une identification des différents genre de strongles gastro-intestinaux présents dans les suspensions larvaires obtenues en coproculture, une identification morphologique est réalisable (Knoll et al. 2021).

Ainsi, grâce à la reconnaissance d'un nombre restreint de caractéristiques morphologiques précise, de préférence avec une mesure microscopique de certains caractères, les larves infectieuses de troisième stade (L3) provenant d'échantillons fécaux en culture sont identifiables au moins au niveau du genre.

Le premier critère pour identifier les larves infectieuses de SGI est la longueur de la queue de gaine, en divisant les larves rencontrées en trois groupes principaux :

- Queue de gaine courtes (A) incluant *Trichostrongylus spp.* et *T. circumcincta* (25-50 µm)

- Queue de gaine moyennes (B) incluant *Cooperia spp.* et *H. contortus* (51-89  $\mu\text{m}$ )
- Queue de gaine longues (C) incluant *C. ovina* et *Oesophagostomum spp* (90-200  $\mu\text{m}$ )

Les caractéristiques morphologiques utilisées pour une identification plus avancée au sein de chaque groupe sont les suivantes :

- 1 : longueur totale du corps
- 2 : nombre de cellules intestinales
- 3 : forme et configuration des cellules intestinales
- 4 : forme de la tête
- 5 : forme de la base de la queue
- 6 : forme de la queue engainée
- 7 : présence et longueur du filament de la queue engainée.

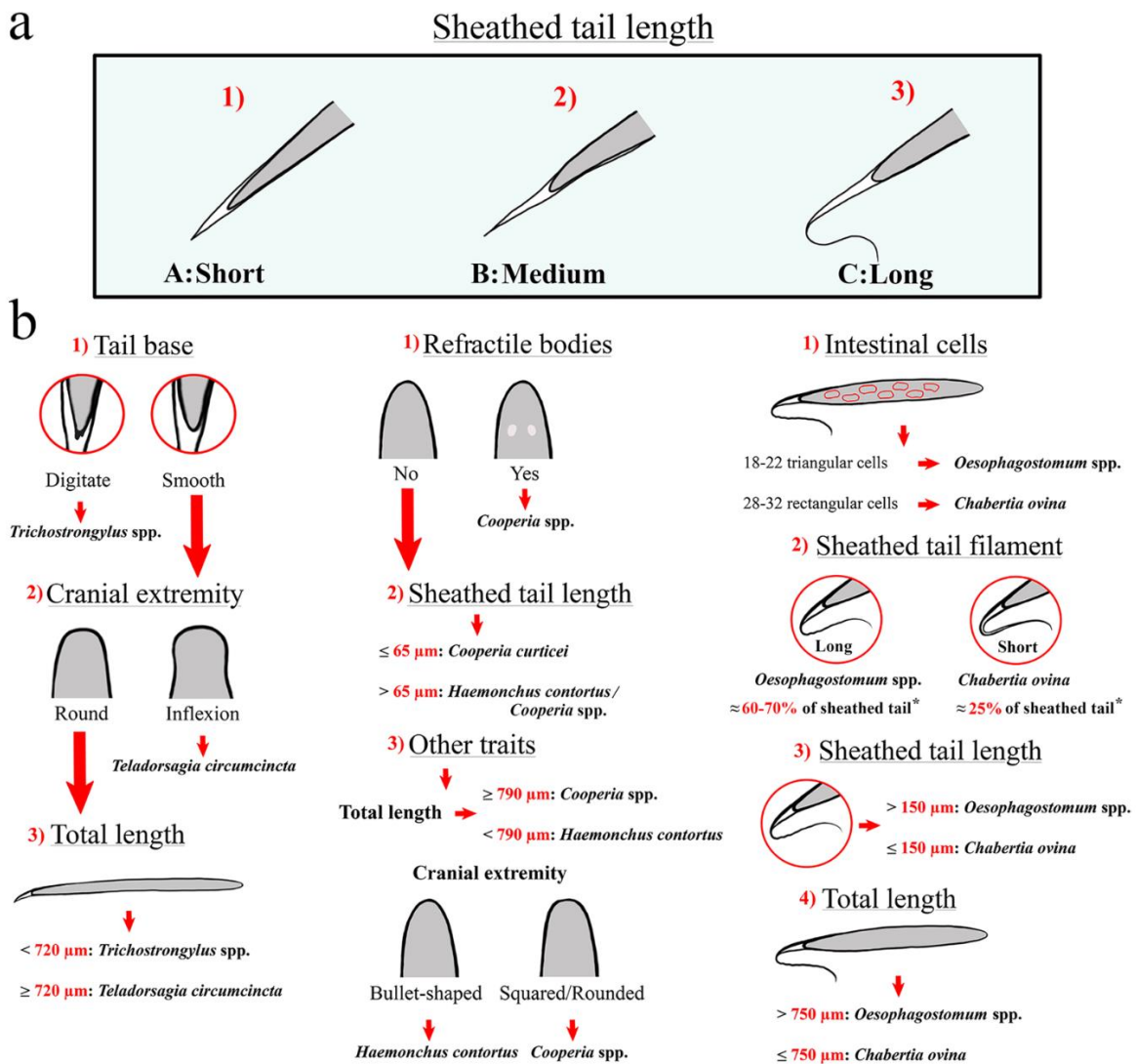


Figure 12 : Arbre de décision pour l'identification microscopique des larves infectieuses des nématodes gastro-intestinaux. a : Classification préliminaire basée sur la longueur de la queue gainée, b : Classification secondaire (au sein de chaque groupe respectif de queue gainée : A, B, C) basée sur des caractéristiques morphologiques et morphométriques supplémentaires (Knoll et al. 2021)

La figure 12 présente un arbre de décision global pour l'identification des larves infectieuses des six espèces communes de SGI des ovins selon Knoll et al. (2021).

Cependant malgré tous ces critères les larves de *Trichostrongylus* spp. et *T. circumcincta* sont difficiles à différencier. La longueur totale du corps de *T. circumcincta* est généralement supérieure à celle de *Trichostrongylus* spp (*Trichostrongylus* spp.,  $709,43 \pm 30,43 \mu\text{m}$  ; *T. circumcincta*,  $795,32 \pm 25,84 \mu\text{m}$ ). En règle générale, un seuil de 720 μm peut être utilisé pour l'identification de *T. circumcincta*.



Ensuite, la distinction entre ces deux espèces peut être faite sur la base de la présence d'une inflexion ("épaule") présente à la base de l'extrémité crânienne de *T. circumcincta*. Dans les cas où cette inflexion peut être clairement notée, ce caractère morphologique offre une distinction facile entre les deux types de larves.

En outre, la tête des larves infectieuses de *T. circumcincta* est plutôt plate et carrée par rapport à la forme arrondie des *Trichostrongylus spp.*

Les larves d'*Hæmonchus contortus* ont une tête typique en forme de balle, alors que les larves de *Cooperia spp.* ont une tête plus carrée / arrondie.

Les L3 d'*Oesophagostomum spp.* sont décrites comme ayant des filaments très longs constituant jusqu'à 70% de la queue de gaine, alors que ceux de *C. ovina* ont des filaments ne dépassant généralement pas 25% de la longueur de la queue de gaine.

Bien qu'il soit aisé de classer les larves dans les trois catégories en fonction de la longueur de la queue de gaine, la distinction entre les différentes espèces n'est pas toujours précise même pour un parasitologue expérimenté.

#### **3.5.4 Identification molécule par quantitative Polymerase Chain Reaction (qPCR)**

Les méthodes conventionnelles d'identification des larves infestantes, ont certaines limites, en termes de sensibilité et/ou de spécificité. En outre, elles sont chronophages et demandent du personnel très qualifié et très entraîné. Les technologies de l'ADN ont permis le développement de nouvelles méthodes de diagnostic sensibles et spécifiques qui ont trouvé des applications en parasitologie. En particulier, les méthodes qui reposent sur l'amplification enzymatique des acides nucléiques peuvent surmonter certaines des limites des approches traditionnelles. Les méthodes qui utilisent la réaction en chaîne par polymérase (PCR) peuvent amplifier sélectivement *in vitro* des séquences d'ADN cible à partir de génomes ou de matrices complexes (Roeber, Jex, Gasser 2013).

La PCR implique la dénaturation thermique de l'ADN double brin, suivie d'une diminution de la température pour permettre aux amorces oligonucléotidiques de se

lier à leur séquence complémentaire sur les brins sens et antisens de la matrice cible. Ensuite, la température est à nouveau augmentée pour renforcer l'activité enzymatique d'une ADN polymérase thermostable, qui étend les brins complémentaires à partir des sites d'amorçage. Ces étapes de synthèse sont généralement répétées 20 à 40 fois dans un thermocycleur automatisé, ce qui entraîne une augmentation exponentielle des copies d'ADN cible. Le principal avantage de cette méthode est qu'elle permet d'étudier l'ADN du parasite à partir de quantités infimes de matrice, qui seraient autrement insuffisantes pour une analyse conventionnelle (Roeber, Jex, Gasser 2013).

La PCR classique est une méthode qualitative. En parasitologie, sont utilisées la RT-PCR (travail à partir de séquence ARN) ou la PCR en temps réel qui permet de suivre l'amplification enzymatique en temps réel *in vitro*. Ce système détecte l'amplification à l'aide de colorants ou de sondes fluorescentes (Roeber, Jex, Gasser 2013).

Le principe de cette méthode consiste à incorporer un colorant intercalaire spécifique dans la PCR pour mesurer le changement de fluorescence après chaque cycle à l'aide d'une caméra numérique et d'un fluoromètre.

La technologie utilisée dans cette étude est une sonde TaqMan. Le principe de cette sonde repose sur l'activité exonucléase 5'-3' de la Taq polymérase. Elle clive une sonde marquée lors de son hybridation à la séquence complémentaire permettant l'émission d'une fluorescence.

Les PCR en temps réel utilisant ces fluorochromes permettent la quantification relative ou absolue des amplicons en permettant l'identification du cycle (Ct) auquel l'amplification commence. Un ou plusieurs standards d'ADN (de concentrations différentes) et des échantillons à tester sont soumis à un cycle en même temps et leurs valeurs de Ct sont établies et comparées. Des courbes standards peuvent être construites sur la base de l'utilisation d'échantillons de référence, et les quantités relatives de matrice dans les échantillons à tester sont calculées par rapport à ces courbes, c'est le principe de la gamme étalon (Roeber, Jex, Gasser 2013).

### 3.5.5 Diagnostic post-mortem des strongyloses

Le diagnostic post mortem de l'infestation est généralement employé en parasitologie pour déterminer le nombre de nématodes présents dans le tractus gastro-intestinal, pour des études épidémiologiques ou pour évaluer l'efficacité des anthelminthiques. Ces techniques impliquent l'ouverture et le lavage des parties respectives du tractus gastro-intestinal et l'examen de sous-échantillons pour estimer l'intensité de l'infestation.

Diverses techniques ont été décrites ; les principales différences entre elles concernent le comptage des nématodes, le trempage ou non de l'organe dans l'eau ou dans une solution saline (principalement utilisé pour récupérer les stades immatures), ainsi que la proportion du volume total et le nombre d'aliqots examinés. D'autres différences concernent la longueur de la section intestinale examinée (10 mètres proximaux de l'intestin grêle contre toute la longueur) et la taille des mailles du tamis utilisé pour éliminer les débris végétaux des lavages.

La pratique courante consiste à examiner les 10 mètres proximaux de l'intestin grêle car la plupart des *Trichostrongylus spp.* intestinaux se trouvent dans les 6 premiers mètres de l'intestin grêle. La portion de tube digestif observé est ouverte puis lavée. Parfois, un traitement chimique permet de révéler la présence des stades larvaires immatures en migration ou en hypobiose dans la muqueuse (Roeber, Jex, Gasser 2013).

En plus de l'évaluation du nombre de vers présents dans les portions de tube digestif, des signes anatomopathologiques peuvent nous indiquer la présence de strongylose digestive (Bussiéras, Chermette 1991).

Des lésions générales peuvent être observées. Lors d'une mort due à une infestation aiguë, seules des lésions d'anémies sont visibles. Dans le cas des formes chronique, une anémie et une cachexie sont mises en évidence, ainsi que des muscles pâles, atrophiés et humides ; une hydrocachexie est également visible.

Des lésions locales au niveau du tube digestif sont présentes. Les lésions inflammatoires chroniques sont présentes par des épaissements de la muqueuse, une hypersécrétion de mucus est fréquemment observée dans la caillette et l'intestin

grêle. Des lésions inflammatoires aiguës sont également visibles avec une congestion, une exsudation surtout dans la caillette, à la base du pli ou diffuse, dues aux L3 et L4 d'*H. contortus* et de *Trichostrongylus* spp.

On observe également des lésions hémorragiques et ulcératives sur la caillette sous la forme de petites ulcérations par où s'écoule du sang formant un enduit brunâtre lié à l'infestation par *H. contortus*. D'autres petites lésions ulcératives entourées d'un anneau légèrement saillant au niveau de la caillette sont dues à la présence de *Trichostrongylus axei*.

---

**PARTIE 2 : METHODES DE LUTTE  
CONTRE LES STRONGLES  
GASTRO-INTESTINAUX ET  
RESISTANCE AUX  
ANTHELMINTHIQUES**

---

Les strongles gastro-intestinaux engendrent des pertes économiques majeures pour l'élevage ovin. Aussi, leur contrôle est un enjeu majeur pour cette filière. Pour cela, les éleveurs utilisent des molécules anthelminthiques de synthèse. Pendant de nombreuses années, ces principes actifs, faciles d'utilisation, de large spectre et peu onéreux ont été très largement utilisés. Mais aujourd'hui se pose de plus en plus la question de l'apparition et de la propagation de résistances aux anthelminthiques.

## **1 TRAITEMENTS PHARMACOLOGIQUES : UTILISATION D'ANTHELMINTHIQUES DE SYNTHÈSE**

---

Les anthelminthiques sont des produits de synthèse utilisés depuis 1960 afin de lutter contre les strongles gastro-intestinaux (Zajac, Garza 2020b). Il existe 6 familles d'anthelminthiques dans le monde, mais seulement 5 sont disponibles en France, toutes présentées dans le tableau 5.

La famille la plus ancienne est celle des benzimidazoles. Elle comporte l'albendazole, le fenbendazole, le nébimé et l'oxfendazole. Ce sont des molécules rapidement éliminées par l'organisme ce qui leur interdit toute rémanence. Elles possèdent une embryotoxicité si elles sont utilisées à une dose supérieure à 10 mg/kg dans le premier tiers de gestation.

L'action anthelminthique de cette famille se produit par l'inhibition de la polymérisation de la  $\beta$ -tubuline en microtubule chez le nématode. Les cellules de l'organisme sont alors incapables de synthétiser leurs microtubules. Ceux-ci sont des éléments du cytosquelette, essentiels dans les échanges intra et inter-cellulaires. Ce mécanisme entraîne une forte perturbation du métabolisme et de l'activité mitotique et conduit à terme à la désagrégation cellulaire et la mort du parasite. Grâce à ce procédé, ces molécules sont adulticides, larvicides et ovicides.

La famille des imidazothiazoles compte une seule molécule commercialisée en France pour les ruminants domestiques, le lévamisole. Cette molécule est rapidement absorbée par voie orale et atteint une concentration plasmatique maximale en 2 à 4h.

Elle est également rapidement éliminée dans les urines, elle n'est donc pas rémanente. Cette famille de molécule est peu onéreuse donc largement utilisée. Cependant, il y a une stop-dose afin de s'affranchir des effets toxiques de la molécule. Elle possède une action cholinomimétique par fixation sur les récepteurs de l'acétylcholine et agit au niveau des ganglions nerveux du nématode entraînant une paralysie du ver à l'origine de sa mort. Son action est limitée aux vers adultes (Heracek 2020).

Les lactones macrocycliques comprennent deux groupes de molécules, les avermectines (ivermectine, doramectine, éprinomectine) et les milbémycines (moxidectine). Il existe plusieurs types de formulation pour ces molécules : le pour-on, la voie orale et la voie sous-cutanée. Ce sont des molécules liposolubles, qui sont initialement distribuées dans tous les organes puis stockées dans le foie et dans le tissu adipeux. Les molécules vont par la suite être redistribuées progressivement dans le sang pour une action anthelminthique prolongée. Ces molécules ont une action sur tous les stades du parasite, larvaires et adultes.

Ces deux sous-familles de molécules partagent le même mode d'action. Ce sont des molécules comportant une affinité importante pour les canaux chlorures glutamate-dépendants présents dans les cellules nerveuses et musculaires des vers. Ces composés se lient de manière sélective à ces récepteurs au glutamate, ce qui déclenche une augmentation de la perméabilité membranaire. Les parasites se retrouvent paralysés et meurent. Ces molécules interagissent également avec les canaux chlorures ligand-dépendant, comme ceux faisant intervenir les neuromédiateurs GABA (Heracek 2020; Xu et al. 1998).

La famille des salicylanilides se compose de deux molécules, le closantel et le nitroxinil. Elles sont actives uniquement contre les parasites hématophages dont certains strongles hématophages comme *Haemonchus contortus*. Ces molécules sont actives sur les stades larvaires et adultes et peuvent être associées à d'autres (comme un benzimidazole) pour compléter leurs spectres d'activité.

Ces composés sont des ionophores à protons qui agissent comme des découpleurs de la phosphorylation oxydative mitochondriale perturbant le métabolisme énergétique du ver. Une fois privé d'énergie, le parasite meurt (Heracek 2020; Jacquet 2020).

La dernière famille, les dérivés d'acétoacétone, est la plus récente. Apparue à la fin des années 2000, elle ne comporte qu'une molécule : le monépantel. Elle est utilisée dans les cas de multirésistances aux autres anthelminthiques de synthèse.

Cette famille agit en provoquant une hypercontraction des muscles du corps du ver, ce qui conduit à des contractions spasmodiques de la portion antérieure du pharynx puis une paralysie générale (Kaminsky et al. 2008).



Famille de molécule	Molécule active	Noms commerciaux indicatifs (liste non exhaustive)	Spectre d'activité	Délais d'attente et condition d'utilisation (à la posologie maximale)
Benzimidazoles	Albendazole	Valbazen®	-Nématodes gastro-intestinaux -Dictyocaulus filaria	-10 j viandes et abats -Interdit en lactation -Interdit dans le premier tiers de gestation
	Nétobimin	Hapedex®	-Moniezia spp -Fasciola hepatica -Dicrocoelium lanceolatum	-6 j viandes et abats -5j lait -Interdit dans le premier tiers de gestation
	Fenbendazole	Panacur®	-Nématodes gastro-intestinaux	-16 j viandes et abats -8,5 j lait
	Oxfendazole	Oxfenil®	-Dictyocaulus filaria -Moniezia spp	-14 j viandes et abats -8 j / 14 j lait
Imidazothiazoles	Levamisole	Levamisole® Biaminthic® Anthelminticide® Lévisole® Némisol®, ...	Nématodes gastro-intestinaux	-3j viandes et abats -interdit en lactation, au tarissement et 2 mois avant mise bas
Lactones Macrocyclique	Doramectine	Dectomax®	-Nématodes gastro-intestinaux -strongles pulmonaires -Oestrus ovis -Psoroptes ovis	-70 j viandes et abats -interdit en lactation, au tarissement et 70 j avant mise bas
	Eprinomectine	-Eprinex Multi® -Eprecis®	-Nématodes gastro-intestinaux -Dictyocaulus filaria	-2 j viandes et abats -0 j lait
	Ivermectine	-Ivomec® -Oramec® -Baymec®	-Nématodes gastro-intestinaux -Nématodes pulmonaires -Oestrus ovis -Acarien de la gale, poux (Ivomec®)	-28 j (Ivomec®) / 6 j (Oramec®) / 10j (Baymec®) viandes et abats -Interdit en lactation, au tarissement et 21j/28j avant la première mise-bas selon le mode d'administration
	Moxidectine	-Cydectine® (Orale injectable) ou	-Nématodes gastro-intestinaux -Dictyocaulus filaria -Oestrus ovis -Psoroptes ovis (injectable)	-104 j (injectable) / 14 j (orale) viandes et abats -5 j lait (orale) ou interdit en production laitière (injection)
Dérivés d'amino-acétonitrile	Monépantel	-Zolvix®	Nématodes gastro-intestinaux	-7 j viandes et abats -Interdit en brebis laitières à tous les stades de leur vie
Salicylanilides	Closantel	-Flukiver® -Seponver®	-Nématodes gastro-intestinaux hématophages -Fasciola hepatica -Oestrus ovis	-107 j (Flukiver®) / 55 j (Seponver®) viandes et abats -Interdit en lactation, au tarissement et un an avant la 1 <sup>ère</sup> mise bas (Flukiver®) / 34 j après mise bas si la période sèche est d'au moins 90 j sinon 4 mois après traitement si la période sèche est < 90 j (Seponver®)
		-Duotech® (+ oxfendazole) -Supaverm® (+ mébendazole)	-Nématodes gastro-intestinaux -Dictyocaulus spp -Moniezia spp -Fasciola hepatica -Oestrus ovis	-42 j (Duotech®) / 65 j (Supaverm®) viandes et abats -Interdite en lactation, au tarissement et un an avant la 1 <sup>ère</sup> mise bas
	Nitroninil	Dovenix®	-Nématodes gastro-intestinaux hématophages -Fasciola hepatica	-50 j viandes et abats -interdite en lactation, au tarissement et un an avant la 1 <sup>ère</sup> mise bas

Tableau 5 : Molécules anthelminthiques disposant d'une autorisation de mise sur le marché en ovin en France (Bordes et al. 2020)

## 2 GESTION ACTUELLE DU PARASITISME

---

En élevage traditionnel, la gestion actuelle du parasitisme repose sur l'administration répétée d'anthelminthiques de synthèse. La plupart des brebis sont traitées simultanément au moins deux fois par an, avec un premier traitement avant la mise en lutte et un autre à l'entrée en bergerie. Cependant la conduite d'élevage ovin allaitant est très diversifiée et il en résulte une très grande diversité de protocole de traitement contre les SGI.

Une étude réalisée dans le département de Saône-et-Loire a permis de mettre en lumière les pratiques des éleveurs d'ovins allaitants de ce département (Jeannin 2022).

Au total, 42 élevages ont été enquêtés. Le nombre moyen de traitements anthelminthiques par an est de 2,29 par brebis. Parmi les élevages interrogés, 57,1% réalisent un traitement systématique de toutes les brebis au même moment, l'autre partie traite suivant d'autres critères non évoqués dans l'étude.

Lors des traitements, 40% des éleveurs se basent sur le poids de l'animal le plus lourd, 19% traitent en fonction du poids moyen des animaux, seulement 19% en fonction du poids de chaque individu et 12% selon une appréciation visuelle.

Concernant l'utilisation des familles d'anthelminthique, 40% des éleveurs utilisent la même molécule tout le temps, 45% d'entre eux effectuent une rotation des molécules, les autres changent exceptionnellement de molécules mais gardent majoritairement toujours la même.

A la suite d'un traitement, 45 % des brebis sont remises sur la même parcelle, 30% restent en bergerie et 25% sortent sur une nouvelle parcelle.

Selon cette étude, 48% des éleveurs interrogés se posent des questions sur l'efficacité de leur traitement et sur l'apparition de résistance.

### 3 LES METHODES ALTERNATIVES AUX TRAITEMENTS DE SYNTHESE

Pendant de nombreuses années, les strongyloses gastro-intestinales chez les ovins étaient traitées à l'aide d'anthelminthiques de synthèse. Mais compte tenu de leur manque croissant d'efficacité, d'autres méthodes ont été développées en complément de ces traitements. De plus, les consommateurs sont de plus en plus vigilants sur l'utilisation de produits de synthèse dans l'élevage. La dernière raison, est une raison écologique. En effet, réduire l'utilisation d'anthelminthiques de synthèse permet de rejeter moins de substances chimiques dans l'environnement (Torres-Acosta, Hoste 2008).

Deux leviers peuvent être utilisés afin de lutter contre les strongles : l'hôte et la gestion du parasitisme, ceux-ci sont résumés dans la figure 13.

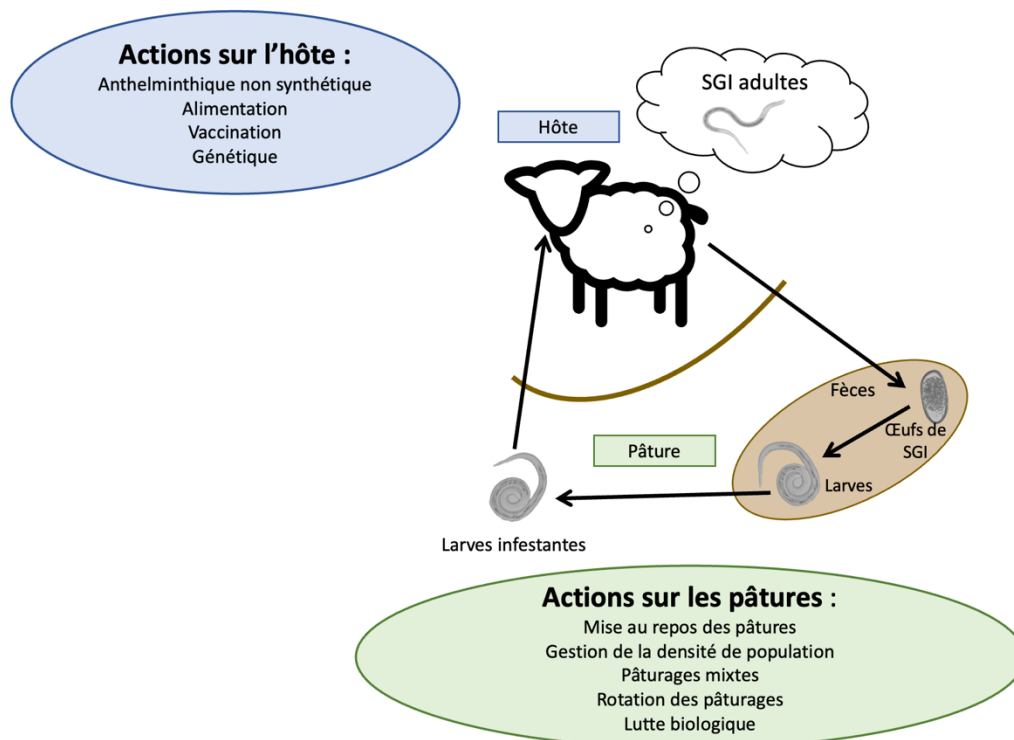


Figure 13 : Représentation des différents moyens de lutte alternative contre les strongles gastro-intestinales

Le but de toutes ces méthodes n'est pas d'éliminer totalement le parasitisme mais de permettre de réduire leur présence.

### **3.1 LUTTE CONTRE LES SOURCES DE CONTAMINATION : GESTION DES PATURAGES**

Les méthodes basées sur des stratégies de gestion du pâturage ont été décrites dans les années 1960. L'objectif de cette lutte est de fournir des pâturages présentant une contamination minimale pour les brebis. Cela consiste à minimiser le contact entre les ovins et les larves infestantes (Yvore, Cabaret, Pery 1996).

Ces méthodes présentent plusieurs avantages : elles sont relativement faciles à mettre en œuvre et ont un faible coût.

#### **3.1.1 Mise au repos des pâtures**

La viabilité des larves L3 de strongles gastro-intestinaux dans le milieu extérieur diminue avec le temps. De plus, des périodes de gels ou de sécheresse intense sont peu propices à leur développement et entraînent une mortalité plus importante. Ainsi, une des premières manières de lutter contre l'infestation serait de limiter l'usage des pâtures, par exemple lors de la mise-bas et des premiers mois de vie des agneaux en gardant les animaux à l'intérieur.

Dans les zones tropicales, la survie maximale des larves infestantes de strongles gastro-intestinaux est d'environ 30-45 jours, en raison d'un métabolisme très actif aux températures tropicales, il est donc facilement concevable de laisser des parcelles au repos le temps nécessaire. Au contraire, en zones tempérées, les larves peuvent survivent entre 3 et 12 mois. Ainsi, il faut environ 3 à 9 mois pour que la contamination des pâturages diminue de manière significative pour la plupart des espèces, selon le climat et la période de l'année (Hoste et al. 2009; Rahmann, Seip 2007).

Sous nos latitudes, une prairie peut être considérée comme saine, si elle répond aux critères suivants (Rahmann, Seip 2007) :

- Au printemps : pour les prairies non pâturées au cours de la dernière saison de pâturage ou non pâturées par des petits ruminants depuis le milieu de l'été de l'année précédente
- En été/automne : pour les prairies pâturées pour la dernière fois en automne de l'année précédente et non pâturées au printemps ou les prairies non pâturées pendant 3 mois en été.

Par ailleurs, faucher les pâtures permet de diminuer la charge parasitaire du fait de l'augmentation de l'exposition des larves L3 aux rayons UV du soleil. Le retournement des prairies par labour est également une mesure efficace, lors de forte contamination, pour réduire la charge parasitaire. En effet une prairie retournée tous les 2 à 3 ans permet de maintenir un niveau modéré de strongles gastro-intestinaux libres. (Hoste et al. 2009).

### **3.1.2 Gestion de la densité de population**

De nombreuses études ont confirmé l'existence d'une relation entre le niveau d'infestation de l'hôte et le taux de charge parasitaire des pâtures.

Plus la densité d'individus est grande (> 6-8 brebis/hectare (Inn'Ovin 2017)) , plus la ressource herbagère sera rapidement épuisée. Ainsi, les individus seront amenés à s'alimenter à proximité des zones de déjection, contenant de nombreuses larves L3 infestantes. Ce qui conduira plus rapidement à une contamination du troupeau.

Cependant, les conditions climatiques influencent énormément le développement des larves, il est donc difficile de proposer un seuil général en dessous duquel les brebis seront moins atteintes.

Bien que ce principe se soit révélé être l'une des méthodes non chimiques les plus efficaces pour limiter la charge en nématodes des ovins, il reste difficile à mettre en œuvre d'un point de vue agronomique dans certains élevages.

### **3.1.3 Pâturages mixtes**

Le pâturage mixte entre les ovins et bovins (ou entre ruminants et chevaux) permet de réduire les infestations par les strongles gastro-intestinaux au pâturage. Cette méthode est permise par la différence de spectre d'hôtes des espèces de nématodes infestant les bovins et les ovins (voir tableau 1, section 1 de la partie 1). Ainsi l'ingestion d'une larve infestante spécifique du mouton par un bovin constitue un cul-de-sac épidémiologique, cette larve ne pourra finir son développement et sera éliminée (Hoste et al. 2009; Torres-Acosta, Hoste 2008).

Deux modalités d'applications de pâturages mixtes existent : l'alternance, les ovins et bovins ne sont pas présents en même temps sur la même pâture ou bien les deux espèces sont présentes de manière simultanée.

Une étude menée en 1991 a mis en évidence une diminution de l'ordre de 76% du nombre de strongles retrouvés dans les divers segments du tube digestif des ovins. De plus, plus le temps de pâturage des bovins était long, plus la décontamination était importante (Hoste, Guitard, Pons 2003).

Une autre étude effectuée pendant 3 ans, comprenant des brebis Lacaune et des génisses Fleur d'Aubrac a montré que les excréments fécaux d'œufs de SGI étaient réduites de 30% la première année et de 60% les deux années suivantes par rapport aux excréments de brebis pâturant sur des parcelles dédiées. Les baisses d'excréments étaient plus marquées en fin de saison (Hoste et al. 2009). Ces effets bénéfiques sont plus accentués pour deux nématodes des ovins : *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis*.

Le facteur responsable du succès de cette méthode semble être le ratio entre ovins et bovins. En effet, d'après la plupart des études, le ratio optimal serait de 4 à 5 brebis pour 1 bovin (Hoste, Guitard, Pons 2003).

Ce procédé présente un impact zootechnique notable avec un gain de croissance et de production chez les agneaux de 10 à 30%. Il permet également une exploitation plus complète et plus diversifiée des variétés fourragères présentes, notamment due au comportement alimentaire différent des deux espèces (Hoste, Guitard, Pons 2003).

Cependant, deux inconvénients potentiels sont à considérer. Les strongles gastro-intestinaux sont des parasites capables de s'adapter à de nouveaux hôtes. De plus, certains parasites, comme les trématodes (grande et petite douves, paramphistomes), peuvent infecter les deux espèces (Hoste et al. 2009).

Cette méthode reste bénéfique, mais nécessite une surveillance accentuée vis à vis de certains risques spécifiques. Elle est possible

### **3.1.4 Rotation des pâtures**

Le principe de tout système de pâturage, est de fournir des parcelles ayant une disponibilité fourragère suffisante pour les animaux. Pour cela, l'une des méthodes développées est le pâturage cellulaire. Les larves survivent au pâturage pendant une

période limitée. Ainsi, il est possible de mettre au point des systèmes de rotation des pâturages visant à n'introduire des animaux dans une parcelle qu'après que les populations de larves infestantes précédemment déposées aient considérablement diminué, en raison du taux de mortalité naturelle (Rahmann, Seip 2007).

Le système de pâturage cellulaire fonctionne très bien dans les zones tropicales, puisque les larves infestantes ne survivent que quelques semaines. Mais il est plus compliqué à mettre en œuvre en milieu tempéré. Cependant il a été montré que cette méthode présentait un effet dans les zones tempérées. (Colvin, Walkden-Brown, Knox 2012).

D'après Ruiz-Huidobro et al. (2018), le pâturage cellulaire ne permettait pas de diminuer l'intensité des excréments d'œufs de SGI chez les brebis en pâturage cellulaire par rapport au système de pâturage classique, contrairement à ce qui a été observé en Australie. Cependant, le système de pâturage cellulaire pourrait fournir un outil supplémentaire pour limiter les infestations à *H. contortus*, qui représentent aujourd'hui un problème important en élevage ovin.

Ce système de pâturage a également été proposé avec un autre objectif, à savoir retirer les animaux des enclos avant que les œufs ne se développent jusqu'à L3. Aux Pays-Bas, cette méthode a montré une relative efficacité dans la réduction des infestations chez les ovins (Torres-Acosta, Hoste 2008).

### **3.1.5 Lutte biologique**

Une lutte biologique permettrait en plus des méthodes déjà citées, d'utiliser des organismes naturellement présents dans les sols afin de réduire la charge parasitaire des pâtures.

Il existe des champignons nématophages ou destructeurs de nématodes. Ces champignons peuvent être divisés en plusieurs groupes en fonction de leur mode d'action sur les nématodes. Il y a les champignons piègeurs de nématodes, les champignons parasites et les champignons producteurs de toxines. Les premiers, tels que *Duddingtonia flagrans*, *Arthrobotrys cladodes var. macroides* ou *Monacrosporium eudermatum* ont pour mécanisme la formation d'un système hyphal végétatif qui produit des organes de piégeage tels que des filets collants, des boutons ou des

anneaux. Lorsque qu'un nématode est piégé, les champignons pénètrent la cuticule du nématode avec leurs hyphes puis se développent et remplissent le corps du nématode pour finalement le digérer. Ainsi les larves n'auront pas le temps d'atteindre la végétation et ne seront pas ingérées par les ovins (Rahmann, Seip 2007; Hoste et al. 2009).

Son application en conditions d'élevage suppose l'apport quotidien de spores, pendant 6 à 8 semaines, en début de saison d'herbe, pour stopper le développement des L3 et freiner la dynamique des infestations. Cela permettrait une réduction de l'intensité d'excrétion d'œufs dans des fèces comprise entre 80 et 90% (Cabaret 2004; Hoste et al. 2009).

Cette méthode semble donc prometteuse mais difficile d'utilisation en élevage car très contraignante, ce qui explique peut-être le fait qu'elle ne soit pas proposée dans les élevages commerciaux.

Des bactéries sont également présentes naturellement dans le sol. Ce sont les cristaux protéiques contenus dans les spores de la bactérie *Bacillus thuringiensis* qui sont à l'origine d'une action nématophage.

Ces protéines cristallines sont activées dans le tube digestif de l'insecte et se lient aux récepteurs membranaires intestinaux, entraînant la formation de pores et la mort du parasite. Mais cette technique de lutte n'est pas encore testée *in vivo*. Les spores seraient capables de traverser le tube digestif mais produiraient également des colonies produisant des inclusions parasporales toxiques pour les ovins (Hoste et al. 2009).

Le dernier hôte présent naturellement dans le sol est le ver de terre. Ce sont des habitants du sol qui vivent sur les matières organiques déposées à la surface. La matière organique est entraînée sous la surface du sol, soit pour se nourrir, soit pour boucher leurs terriers. Par conséquent, leur principale contribution dans le contrôle biologique des nématodes réside dans la destruction des œufs et des larves en les digérant ou en les transférant vers des niveaux plus profonds du sol où les chances qu'ils atteignent la surface sous forme de larves infectieuses sont très faibles.



### 3.1.6 Anthelminthiques non synthétiques

L'une des substances utilisées pour limiter l'infestation parasitaire chez les ovins est les particules de fils d'oxydes de cuivre. D'abord utilisée pour traiter les carences en cuivre chez les bovins et les ovins, il a été démontré par la suite qu'elles étaient également efficaces contre les nématodes. Son efficacité serait principalement dirigée contre *Haemonchus contortus*. Cependant, les ovins étant très sensibles à la toxicité du cuivre, cela pourrait entraîner des mortalités même si les particules de fils d'oxyde de cuivre sont moins absorbées que les autres formes de cuivre (Torres-Acosta, Hoste 2008).

L'utilisation de plantes contenant des tanins serait un autre moyen de lutter contre les strongles gastro-intestinaux. En effet, certaines plantes utilisées dans l'alimentation des ovins contiennent des composés bio-actifs, dont les tanins mais pas seulement, dont certains possèdent des propriétés anthelminthiques (Torres-Acosta, Hoste 2008). Parmi ces plantes, les plus étudiées sont les légumineuses fourragères telles que le sulla (*Hedysarum coronarium*), le sainfoin (*Onobrychis viciifolia*), le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*), le lotier pédonculé (*Lotus pedunculatus*) et la sericea lespedeza (*Lespedeza cuneata*). Certaines études mentionnent aussi l'intérêt de la chicorée (*Cichorium intybus*) de la famille des Astéracées (Hoste et al. 2006).

La plupart des études réalisées, sont appliquées sur des modèles *in vitro*. Cependant leur application *in vivo* reste décevante. En effet, une étude menée sur des brebis et des agnelles en Nouvelle Aquitaine n'a pas montré de différence d'excrétion entre les individus ayant reçu des concentrés riches en tanins et ceux qui n'en ont pas reçu (Bordes 2022).

## 3.2 AMELIORATION DE LA RESISTANCE DE L'HOTE

Un autre moyen de lutter contre les strongles serait de rendre l'hôte plus résistant à l'infestation. En effet, un individu dit résistant est capable de limiter voire d'empêcher l'installation et/ou la reproduction des strongles gastro-intestinaux. Dans une optique de limiter l'utilisation des anthelminthiques, un animal plus résistant à l'infection est un avantage non-négligeable. Pour cela, il est possible, d'améliorer l'alimentation, de

vacciner (prophylaxie médicale) et de sélectionner génétiquement des animaux résistants.

### **3.2.1 Alimentation**

De manière générale, on peut affirmer que les animaux bien nourris surmontent mieux l'infestation par les nématodes que les animaux moins bien nourris. Des études ont montré que l'administration d'un supplément protéique réduit les pertes de production, augmente le diamètre des fibres de laine et réduit l'excrétion fécale d'œufs de strongles gastro-intestinaux. Cet apport de protéines ne semble pas avoir d'influence sur l'établissement initial du parasite, mais sur l'infestation établie et la réponse immunitaire, ce qui augmente la résistance à la réinfestation (Rahmann, Seip 2007; Hoste et al. 2009; Yvone, Cabaret, Pery 1996).

Une des périodes importantes en termes d'immunité dans la vie de la brebis se trouve en fin de gestation et en début de lactation, c'est à ce moment précis qu'on observe le phénomène de « peripartum rise », c'est-à-dire une augmentation significative mais temporaire de l'intensité d'excrétion d'œufs. Comme ce phénomène contribue à l'augmentation initiale de la contamination des pâturages après la mise-bas, son importance épidémiologique est considérable (Torres-Acosta, Hoste 2008). Ainsi, des études ont montré que la supplémentation en protéines autour de l'agnelage permet d'atténuer l'augmentation de l'excrétion d'œufs de nématodes (Hoste et al. 2009; Rahmann, Seip 2007).

### **3.2.2 Vaccination**

Au cours de la vie de la brebis, une immunité contre les strongles gastro-intestinaux s'installe avec l'âge. Ainsi une approche vaccinale du contrôle des SGI a-t-elle été tentée. Depuis 2014, il existe sur le marché un vaccin visant uniquement *H. contortus*, il est commercialisé dans des pays comme l'Australie et l'Afrique du Sud mais n'est pas distribué en France. Il s'agit d'un vaccin à « antigènes cachés », car composé de protéines de la membrane des cellules épithéliales de l'intestin de ce nématode. Lorsqu'un ovin est vacciné, il produit de grandes quantités d'anticorps spécifiques de

ces protéines. Puis, lors d'infestations naturelles par des vers de l'espèce *H. contortus*, ces derniers ingèrent des anticorps dirigés contre leurs propres constituants internes. Ceci a pour conséquence une mortalité accrue des parasites et surtout une importante réduction de la fécondité des vers femelles. Cependant, ce vaccin ne protège pas contre une infestation massive d'*H. contortus*.

Pour atteindre une efficacité suffisante, les brebis doivent être vaccinées 8-9 semaines avant la mise bas puis recevoir un rappel 4-5 semaines avant la mise-bas, 1-2 semaine après la mise-bas puis toutes les 6 semaines. Ce schéma vaccinal soutenu est un frein à l'utilisation de ce vaccin (Broomfield et al. 2020; Lacroux 2006; Moredun Research Institute 2023).

Concernant *T. circumcincta* et *T. colubriformis*, il n'existe pas de vaccin contre ces parasites.

### **3.2.3 Sélection génétique d'animaux résistants**

Il a été constaté dans maintes études que parmi une population d'individus confrontés à des strongles gastro-intestinaux, il y a toujours des animaux qui supportent mieux l'infestation que les autres. Ils sont alors soit résistants soit résilients. Un individu résistant est capable de limiter voire d'empêcher l'installation et/ou le développement et la reproduction des strongles gastro-intestinaux en son sein. Cette résistance est régie par des mécanismes immunitaires. Un individu résilient est capable de supporter les effets pathogènes des vers dans son tube digestif et maintenir son niveau de production en dépit de la présence des vers mais, n'a aucun impact sur le nombre de vers qu'il héberge (Rahmann, Seip 2007; Hoste et al. 2009).

Cette différence d'excrétion au sein d'une population d'individus est également valable entre les races. En effet, une étude a montré que les races locales (Lacaune, Mérinos d'Arles) se sont avérées plus résistantes que la race Romanov, introduite pour sa prolificité (Rahmann, Seip 2007; Hoste et al. 2009).

On peut également comparer des races résistantes tropicales, les Barbade Black Belly, chez qui la sélection d'animaux résistants est avancée, avec une race

européenne, INRA 401 ou Romane. Lors de cette étude, Terefe et al. (2007), ont mis en évidence une expression immunitaire de Type Th2 plus élevée dans l'espèce résistante avec une régulation des populations parasitaire très rapide, dès le premier contact avec le nématode *H. contortus*. De leur côté, les agneaux de race INRA 401, très sensibles en première infestation, ont montré une meilleure réponse en termes de régulation du cycle parasitaire après réinfestation que lors de leur premier contact.

La sélection d'animaux résistants plutôt que résilients présente deux avantages. Le premier est de sélectionner des animaux capables de réduire leur charge parasitaire et ainsi de mieux maintenir leur niveau de production. Mais l'avantage le plus important est de réduire le risque parasitaire à l'échelle du troupeau du fait de leur faible excrétion individuelle (Moreno-Romieux et al. 2017; Hoste et al. 2009; Torres-Acosta, Hoste 2008)

A l'heure actuelle, des études sont menées en France sur plusieurs races ovines laitières et allaitantes, notamment dans la race Romane, où il a été montré que les individus sélectionnés comme résistants excrètent six fois moins d'œufs par gramme de matières fécales que ceux issus de lignées dites sensibles. Mais cette sélection prendra du temps en France où il existe de nombreuses races locales ou régionales (Moreno-Romieux et al. 2017).

Cependant en race laitière, notamment dans les Pyrénées, la sélection d'animaux résistants est beaucoup plus avancée qu'en race allaitante. Aguerre et al. (2018), ont mis en évidence que la sélection de béliers Manech Tête Rousse permettait d'améliorer la résistance de leur progéniture femelle aux infestations parasitaires dans des conditions naturelles. Depuis ces caractères de résistances sont pris en compte par l'organisme de sélection (centre ovin d'Ordiarp). De plus les béliers identifier comme hypersensibles sont maintenant retirés du schéma de sélection.

En Australie et en Nouvelle-Zélande, des schémas de sélection d'animaux résistants sont déjà en place depuis de nombreuses années (Hoste et al. 2009). Néanmoins le nombre de races est beaucoup moins élevé qu'en France, et les schémas de sélection sont différents des nôtres, donc difficilement comparables.

Avec l'utilisation d'individus résistants, l'objectif est que le troupeau puisse contrôler suffisamment l'infestation par les strongles gastro-intestinaux et maintenir un bon niveau de production, tout en limitant les traitements anthelminthiques. Cependant, la sélection génétique ne pourra jamais, à elle seule, remplacer les traitements par des anthelminthiques de synthèse. En effet, le risque d'adaptation des strongles gastro-intestinaux reste faible mais non nul. C'est pour cela qu'il faut plutôt considérer la sélection génétique des animaux, comme le reste des méthodes décrites précédemment, dans un contexte de lutte intégrée. La lutte intégrée est un concept incluant des approches de traitements sélectifs, nutritionnelles, et de gestion des pâtures. Cette gestion intégrée permet de mieux respecter l'environnement que le seul traitement systématique de tout le troupeau et est économiquement plus favorable pour l'éleveur de petits ruminants (Hoste et al. 2009; Moreno-Romieux et al. 2017).

## **4 PRINCIPALES RESISTANCES AUX ANTHELMINTHIQUES**

---

La résistance aux anthelminthiques est de plus en plus répandue et constitue une menace sérieuse pour le contrôle efficace des infestations helminthiques, en particulier dans le domaine vétérinaire (Köhler 2001).

### **4.1 DEFINITION**

La résistance aux anthelminthiques peut se définir comme la capacité d'une population de vers à survivre à des doses d'anthelminthiques létales pour la population de vers sensibles et à transmettre cette capacité de génération en génération (Torres-Acosta, Hoste 2008). Lors de traitement anthelminthique, les molécules utilisées ne sont pas efficaces à 100%. Après traitement, il reste alors un petit nombre de nématodes survivants. Ceux-ci constituent la partie résistante de la population de strongles gastro-intestinaux. Si les brebis sont remises à l'herbe après traitement, les vers ayant survécu au traitement contaminent le pâturage. Ainsi, cela conduit à l'apparition de résistances pour la génération suivante (Papadopoulos 2008; Fissiha, Kinde 2021).

Deux grands types de résistances ont été décrits. Le premier est la résistance latérale ou de famille. Dans ce cas, le parasite possède déjà une résistance à un des anthelminthiques et il a *de facto* une résistance à un autre anthelminthique qui possède des mécanismes d'action similaires.

Le second type est la multirésistance où un parasite, déjà résistant à une famille d'anthelminthique, en acquière une seconde, dirigée contre une autre famille dont le mécanisme d'action est différent (Fissiha, Kinde 2021).

Lors d'apparition de résistance, trois phases se succèdent selon la fréquence des allèles de résistance. Tout d'abord l'établissement de la résistance est en grande partie aléatoire, influencé par de nombreux facteurs décrits ci-dessous. Puis le développement se produit en réponse à un agent sélectif (anthelminthique), qui tue les vers sensibles, mais permet aux vers résistants de survivre et de se reproduire. Pour finir, l'émergence d'une résistance se produit lorsque la résistance s'exprime cliniquement sur les animaux atteints (aucune amélioration clinique après traitement). Les allèles résistants sont alors présents à haute fréquence dans la population de vers (Wolstenholme et al. 2004).

## 4.2 MECANISMES D'APPARITION DES RESISTANCES OU FACTEURS INFLUENÇANT L'APPARITION DE RESISTANCES

Plusieurs facteurs influencent la pression de sélection de résistances. Seuls les facteurs permettant d'augmenter la sélection de la résistance seront décrits.

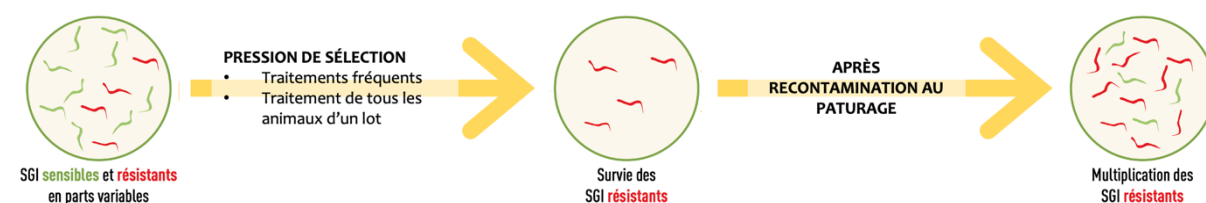


Figure 14 : Schéma explicatif de la sélection de strongles résistants (adapté de Jacquet 2019)

Le déterminisme génétique de la résistance des strongles gastro-intestinaux aux anthelminthiques joue un rôle majeur.

Les parasites résistants sont préexistants dans la population. La résistance aux anthelminthiques est actuellement reconnue comme un phénomène pré-adaptatif dans lequel les allèles de résistance sont présents dans la population de parasites avant même qu'une résistance ne soit découverte.

Les allèles de résistance peuvent être dominants ou récessifs. Que l'allèle de résistance soit dominant ou récessif, l'expression de la résistance dépend de la fréquence de l'allèle de résistance dans la population.

La grande diversité génétique des SGI, associée à une grande taille de leurs populations, augmente la probabilité que des allèles de résistance soient déjà présents dans une population.

Si les vers résistants ont une meilleure aptitude par rapport aux individus sensibles, alors la résistance aura tendance à se répandre dans la population (Wolstenholme et al. 2004).

Un autre point, important dans l'apparition et la diffusion de la résistance est la manière dont les traitements anthelminthiques sont utilisés.

La pharmacocinétique du médicament influence également l'apparition de résistances. On considère généralement qu'il est préférable d'utiliser des médicaments à courte durée d'action pour éviter que les vers soient exposés aux concentrations sous-thérapeutiques qui résultent d'une demi-vie prolongée d'un médicament (Wolstenholme et al. 2004).

La fréquence des traitements est un autre facteur déterminant la vitesse de développement de la résistance. En effet, lorsqu'un anthelminthique est administré de manière fréquente et particulièrement lorsque le même groupe d'anthelminthique est utilisé, le développement de résistance à celui-ci est plus rapide. Le traitement offre aux parasites survivants un avantage sélectif en matière de reproduction et de réplication par rapport aux parasites sensibles (Fissiha, Kinde 2021; Papadopoulos 2008).

Il a également été montré que l'administration d'un traitement prophylactique de masse contribuait au développement de la résistance chez les helminthes. (Fissiha, Kinde 2021).

L'administration d'une dose d'anthelminthique incorrecte et inappropriée est l'un des principaux facteurs pouvant contribuer au développement de la résistance. L'estimation visuelle du poids des animaux à traiter est la méthode la plus couramment appliquée pour déterminer le dosage d'un anthelminthique, ce qui est souvent inapproprié et peut conduire à un sous-dosage. À son tour, ce sous-dosage permet la survie de vers présentant un allèle dominant et contribue donc à la sélection de souches résistantes. Dans les cas où des doses sous-thérapeutiques ont été utilisées afin de réduire les coûts, la résistance a toujours été favorisée (Fissiha, Kinde 2021; Papadopoulos 2008; Wolstenholme et al. 2004).

Il a également été rapporté des cas où des souches de nématodes résistantes ont été introduites à partir d'une autre ferme ou même d'une autre région par le transport d'animaux excréant des nématodes résistants (Papadopoulos 2008).

#### **4.3 MECANISMES DE RESISTANCE AUX ANTHELMINTHIQUES DE SYNTHESE**

La compréhension des mécanismes de résistance peut aider les chercheurs à mieux prédire la vitesse d'apparition de la résistance et à fournir un outil pour étudier de nouvelles cibles thérapeutiques. Néanmoins, ces mécanismes semblent complexes et varient selon les espèces d'helminthes (Fissiha, Kinde 2021; Köhler 2001).

Les mécanismes de résistance aux anthelminthiques comprennent généralement (Wolstenholme et al. 2004):

- une modification de la cible moléculaire, de sorte que le médicament ne reconnaît plus la cible et est donc inefficace
- une modification du métabolisme qui inactive ou élimine le médicament, ou qui empêche son activation
- une modification de la distribution du médicament dans la cible.

Ainsi pour chaque famille d'anthelminthiques des mécanismes sont plus ou moins bien connus.



Les mécanismes de résistance aux benzimidazoles s'expliquent par une modification de la  $\beta$ -tubuline empêchant la fixation de la molécule sur la protéine du ver (Köhler 2001).

Concernant les imidazothiazoles (lévamisole) la résistance serait due à une mutation des gènes codant pour les récepteurs nicotiques (nAch). Le récepteur nAch est composé de sous-unités alpha et non alpha, reliées entre elles par des liaisons agonistes nicotiques. Deux mécanismes seraient à l'origine de la résistance des SGI à savoir la diminution de l'expression de sous-unités spécifiques et une altération de l'une des sous-unités. Ces mécanismes réduisent la sensibilité aux médicaments en incorporant des sous-unités non-fonctionnelles au récepteur nAch. (Whittaker et al. 2017)

Les lactones macrocycliques sont divisées en deux sous-familles : les avermectines (ivermectine, doramectine, éprinometine) et les milbémycines (moxidectine). À l'heure actuelle, les mécanismes spécifiques de résistance à ces molécules ne sont pas encore complètement élucidés. Plusieurs mécanismes sont étudiés, notamment une surexpression des systèmes de biotransformation et de transport des anthelminthiques comme les P-Glycoprotéines (Pgp), pompes à efflux appartenant à la famille des transporteurs ABC (ATB-binding cassette). La fonction principale de ces pompes est le transport de certains composés endogènes et exogènes, y compris une partie des médicaments. Plusieurs Pgp seraient surexprimées dans les cas de résistances à ces molécules.

Des mutations sur le récepteur au glutamate des canaux chlorés ont été démontrées chez *C.elegans*, mais pas encore chez *H. contortus*. Néanmoins, les recherches récentes indiquent que les mécanismes de résistance ont une origine multigénétique et que les Pgp n'agiraient pas seules (Luo et al. 2017; Lespine et al. 2012; Köhler 2001).

Les salicylanilides sont des anthelminthiques ciblant les vers hématophages. Une résistance à cette catégorie de molécule est difficile à mettre en évidence car ne ciblant qu'*H. contortus*, elle est déterminée qu'après coproculture, par l'absence de l'espèce après traitement.

Les mécanismes de résistance sont inconnus. Cependant, la réduction de l'alimentation, l'incapacité à dissocier le complexe médicament-albumine dans l'intestin ou l'augmentation de l'efflux de closantel à partir des vers résistants seraient des mécanismes probables pour expliquer la baisse d'efficacité de ces molécules (Rothwell, Sangster 1997).

La famille des dérivés d'amino-acétonitrile est relativement nouvelle sur le marché vétérinaire. Néanmoins de plus en plus de résistances à ce produit émergent. Le mécanisme de résistance serait dû à une mutation de certains récepteurs nicotiques (Turnbull et al. 2019).

## **5 ÉTAT DES LIEUX DES RESISTANCES**

---

### **5.1 DANS LE MONDE**

Le phénomène de résistance aux anthelminthiques est un sujet d'ampleur mondiale. Comme évoquée dans la première partie, la production ovine n'est pas également répartie dans le monde. La présence de résistances dans le monde ne sera évoquée que pour les grandes régions productrices d'ovins même s'il en existe dans d'autres parties du monde.

De cette manière, seront évoquées l'Asie, notamment la Chine, premier producteur mondial, l'Afrique, l'Océanie et pour finir, l'Amérique du Sud. (Salgado, Santos 2016).

De manière générale, les résistances concernent les trois principales espèces de strongles gastro-intestinaux présentées dans la partie 1.

Concernant le continent asiatique, le nombre de publications est faible, mais des résistances existent, notamment en Chine dans la province d'Ordos où de sévères résistances aux benzimidazoles et aux lactones macrocycliques ont été mises en évidence. Des résistances aux imidazothiazoles et salicylanilides ont également été suspectées (Hou et al. 2022).

Une autre étude en Mongolie a également montré des efficacités réduites des lactones macrocycliques et des benzimidazoles. Malgré cela, l'efficacité des imidazothiazoles semble encore conservée (Han et al. 2017).

Concernant le continent Africain, les principales familles d'anthelminthiques utilisées sont les benzimidazoles, les lactones macrocycliques et les imidazothiazoles. Les signalements de résistances aux anthelminthiques se concentrent en Afrique du Sud où l'on retrouve une résistance aux principaux anthelminthiques (Mphahlele et al. 2021).

Le continent australien, quatrième producteur mondial d'ovins, présente également de nombreux signalements de résistances et de multirésistances. En effet, la plupart des exploitations présentent des résistances à au moins une des molécules anthelminthiques. Cependant certaines régions sont plus touchées que d'autres, comme le Queensland où la plupart des exploitations présentent des multirésistances. Il existe des spécialités qui combinent plusieurs familles anthelminthiques et certaines combinaisons semblent toujours efficaces (Lyndal-Murphy, Ehrlich, Mayer 2014). Depuis de nombreuses années, l'Australie présente également des résistances aux dérivés d'amino-acétonitrile, qui devait être la molécule de dernière intention en cas de multirésistances (Preston et al. 2019).

La situation en Nouvelle-Zélande est similaire puisque 64% des élevages ovins présentent des résistances voire des multirésistances. Cependant des résistances à des produits dit « combinés », c'est-à-dire un mélange de plusieurs anthelminthiques dans un même produit sont présentes, ce qui est très inquiétant. La résistance aux benzimidazoles ainsi qu'aux imidazothiazoles et lactones macrocycliques sont également surreprésentées (Waghorn et al. 2006).

La dernière partie du monde où la production ovine est importante est l'Amérique du Sud. Le Brésil se distingue par son nombre important de publications concernant les résistances aux anthelminthiques. En effet, l'efficacité de toutes les classes d'anthelminthiques est diminuée dans l'ensemble du Brésil en particulier pour les lactones macrocycliques avec 77% de résistances et les benzimidazoles avec 65% de SGI résistants. Une région semble plus touchée que les autres, l'État de Paraná où

toutes les classes d'anthelminthiques sont concernées y compris les dérivées d'acétonitrile. L'Uruguay présente dans plus de 80% des exploitations une résistance aux benzimidazoles, imidazothiazoles, lactones macrocycliques et salicylanilides. Les autres pays présentent également des résistances surtout aux benzimidazoles, mais dans une moindre mesure.

Ainsi pour les grandes nations productrices d'ovins dans le monde, la situation vis-à-vis des anthelminthiques est très préoccupante avec des impasses thérapeutiques dans certains endroits.

## **5.2 EN EUROPE**

L'Europe est le troisième producteur ovin mondial. La majorité des exploitations ovines se situent dans l'Europe de l'Ouest et dans l'Europe du Sud (interbev 2022).

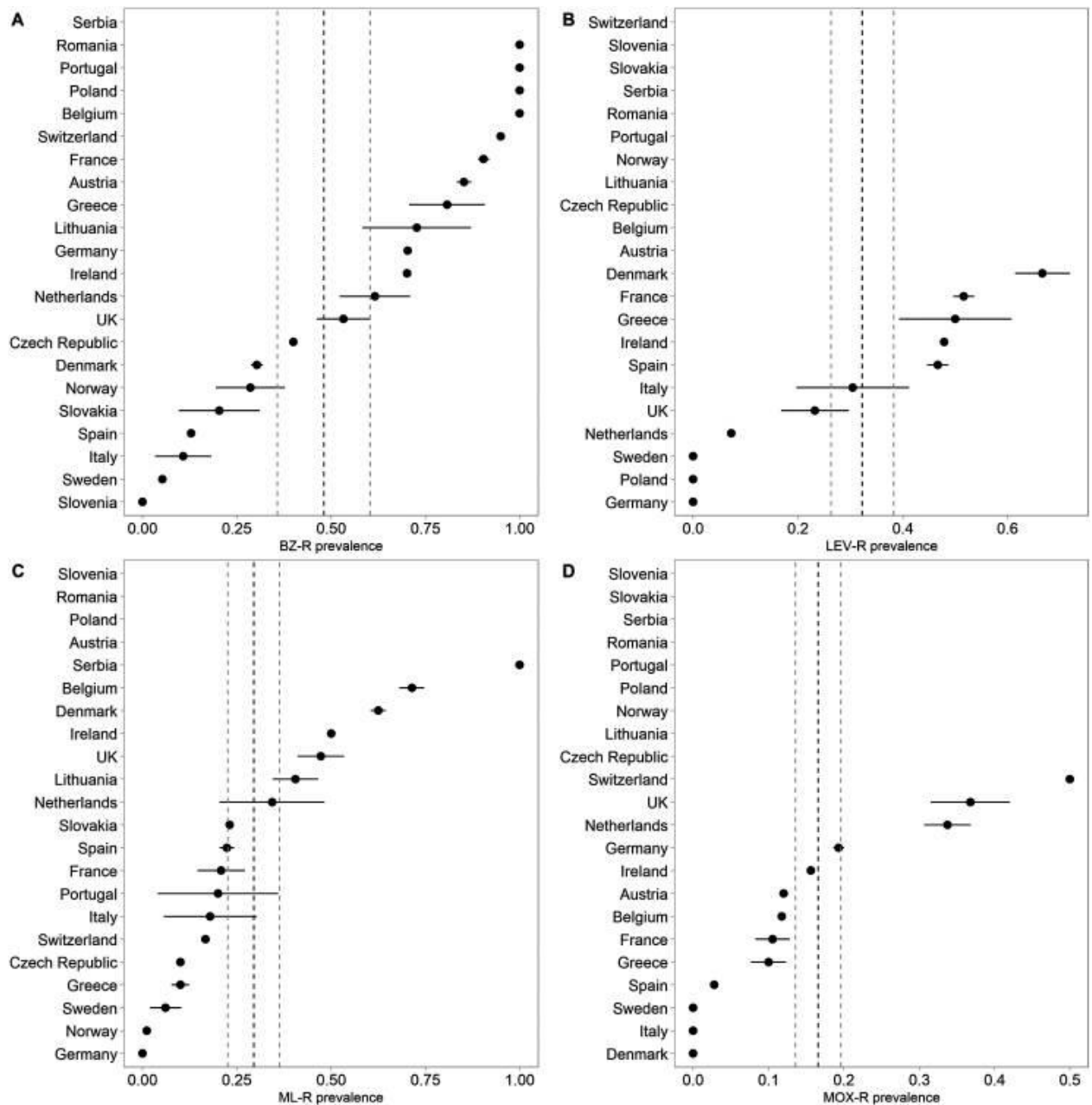


Figure 15 : Prévalence estimée de la résistance aux benzimidazoles (BZ), au lévamisole (LEV), aux avermectines (ML ; lactones macrocycliques) et à la moxidectine (MOX) chez les nématodes gastro-intestinaux chez les ovins. D'après Rose Vineer et al. (2021)

Rose Vineer et al. (2021) ont réalisé une méta-analyse de toutes les études portant sur les résistances en Europe entre 1980 et 2020. La figure 15 présente la prévalence estimée des résistances aux benzimidazoles (BZ), au lévamisole (LEV), aux avermectines (ML, lactones macrocycliques) et à la moxidectine (MOX) chez les ovins. Les points et les barres horizontales représentent respectivement l'estimation de la prévalence moyenne des résistances à une famille de molécule dans un pays donné et l'écart-type.

Très peu d'études sont disponibles concernant l'Europe de l'Est. Cependant d'après l'étude de Rose Vineer et al. (2021), la Roumanie présente 100% de résistances aux benzimidazoles.

L'Europe du Nord n'est pas une des régions les plus grosses productrices d'ovins. Malgré cela, des résistances sont présentes (Belecké et al. 2021).

Au Danemark, la molécule où le plus de résistance est observée est le lévamisole d'après Rose Vineer et al. (2021). Concernant les lactones macrocycliques et le benzimidazoles, les résistances existent mais ne sont pas prédominantes. Lors de cette étude, il n'y avait pas de résistances à la moxidectine.

La Suède ne présente pas beaucoup de résistance puisque seuls 4% des élevages présentent des résistances aux benzimidazoles. Les résistances aux ivermectines tendent à augmenter par l'introduction d'ovins provenant d'Europe de l'Ouest (Belecké et al. 2021).

La Norvège compte 30% de résistances aux benzimidazoles et quelques élevages présentent des résistances aux ivermectines (Rose Vineer et al. 2021). Cependant la région de Rogaland, concentre à elle seule toutes les résistances, avec 80% des élevages présentant une résistance au benzimidazoles et 100% présentant des résistances aux ivermectines (Domke et al. 2012).

La Lituanie présente environ 75% et 40% d'élevages résistants respectivement aux benzimidazoles et aux lactones macrocycliques (Rose Vineer et al. 2021).

Concernant les pays d'Europe centrale, il existe très peu d'études. En Autriche, environ 80% des élevages enquêtés présentent des résistances aux benzimidazoles ainsi qu'environ 15% à la moxidectine (Rose Vineer et al. 2021).

En Pologne, tous les élevages testés aux benzimidazoles présentaient une résistance, contre aucun au lévamisole (Rose Vineer et al. 2021).

En Europe du Sud, les principaux pays producteurs d'ovins sont l'Espagne, l'Italie et la Grèce.

L'Espagne présente des résistances à toutes les molécules anthelminthiques même si les prévalences sont parmi les moins élevées d'Europe (Rose Vineer et al. 2021).

En Italie, d'après l'étude de Rose Vineer et al. (2021), sont présentes des résistances aux benzimidazoles, au lévamisole et aux lactones macrocycliques. Cependant il n'y a pas encore de résistance identifiée à la moxidectine dans cette analyse.

Concernant la Grèce, peu de résistances sont présentes. On peut néanmoins noter une différence entre les élevages présents sur le continent et ceux des îles avec une plus grande part de résistance aux benzimidazoles pour les élevages présents sur les îles (Papadopoulos, Himonas, Coles 2001; Papadopoulos, Gallidis, Ptochos 2012).

Dans les autres pays de l'Europe du Sud, peu d'études existent. Cependant on peut noter qu'au Portugal, tous les élevages testés lors d'une étude ont présenté des résistances aux benzimidazoles et 25% aux lactones macrocycliques.

En Europe de l'Ouest, de nombreuses résistances ont été mises en évidence dans de nombreux pays.

En Belgique une étude a mis en lumière des résistances aux benzimidazoles, lactones macrocycliques et imidazothiazoles mais cette étude a été réalisée dans peu d'élevages, ce qui ne nous permet pas d'en faire une généralité au pays (Claerebout et al. 2020).

Au Pays-Bas, des résistances aux avermectines ont été mises en évidence (Papadopoulos, Gallidis, Ptochos 2012). L'étude de Rose Vineer et al. (2021) met également en évidence 70% d'élevages résistants aux benzimidazoles, quelques résistances aux lévamisole. De nombreuses résistances à la moxidectine sont présentes, qui place ce pays en 3<sup>ème</sup> position parmi les pays Européens présentant le plus de résistance à cet anthelminthique.

En Allemagne, peu de résistances sont présentes. Seulement les benzimidazoles présentent un défaut d'efficacité majeur (Rose Vineer et al. 2021).

La Suisse présente une prévalence très grande d'élevages résistants aux benzimidazoles (environ 0,9). Ce pays est également celui qui présente le plus de résistances à la moxidectine parmi les pays Européens testés (Rose Vineer et al. 2021).

L'Irlande compte, elle aussi, des résistances aux quatre principaux anthelminthiques (Rose Vineer et al. 2021).

Le Royaume-Uni compte de nombreuses résistances. Un grand nombre d'études montrent des élevages résistants aux imidazothiazoles, et de très forte résistances aux benzimidazoles et aux lactones macrocycliques (Papadopoulos, Gallidis, Ptochos 2012; Mitchell et al. 2010; Taylor et al. 2009). Une étude montre également une augmentation des résistances dans le sud-ouest de la Grande Bretagne par rapport à la même étude réalisée trois ans auparavant (Bull et al. 2022).

La plupart des pays européens ne présentent pas de résistances aux dérivés d'acéto-nitrile sauf l'Angleterre où depuis 2018 des cas de résistances ont été rapportés (Hamer et al., 2018). En 2019 des cas de multirésistances aux principaux anthelminthiques y compris les dérivés d'acéto-nitriles ont été rapportés (Bartley et al. 2019). Ce qui pointe du doigt un problème majeur dans ce pays.

### **5.3 EN FRANCE**

La France n'échappe pas non plus à l'apparition de résistances.

Dans notre étude, nous nous intéresserons au modèle allaitant. Néanmoins, le modèle laitier n'est pas épargné par l'augmentation des résistances notamment envers une molécule de la famille des lactones macrocycliques, l'éprinomectine qui est le seul anthelminthique utilisable en lactation possédant un temps d'attente nul pour le lait (Jouffroy et al. 2022).

Toutes les résistances détectées à partir de 2017 sont présentée ci-dessous (tableau 6).

Concernant les benzimidazoles, les premières résistances ont été identifiées dans les années 1980. Puis ces découvertes de résistances se sont multipliées dans les années 90 et continuent de façon sporadique selon les suspicions et les enquêtes de résistances. Depuis 2017, de nombreuses études ont été réalisées. Toutes montrent un effondrement de l'efficacité des benzimidazoles même si certains élevages allaitants semblent conserver une certaine sensibilité, notamment dans les Alpes de Hautes Provence.

Lors de résistances aux benzimidazoles, les trois espèces principales de strongles digestifs sont fréquemment concernées (Jouffroy et al. 2022).



Dans la famille des imidazothiazoles, les premières résistances ont été découvertes en élevage allaitant en 1998. Depuis, les tests d'efficacité effectués montrent une efficacité du lévamisole diminuée. Dans certains élevages, on retrouve des doubles résistances au fenbendazole et au lévamisole comme dans les Hautes Pyrénées et en Drome-Ardèche ou à la moxidectine et au lévamisole comme en Drome -Ardèche (Jouffroy et al. 2022).

Concernant les avermectines, la découverte de résistances est plus récente. En effet dans les années 2010, cette molécule était toujours considérée en France comme efficace contre les SGI. C'est en 2014 que le premier cas de résistance a été décrit dans un élevage allaitant de la Loire. Puis la perte d'efficacité s'est faite petit à petit au fil des études d'efficacité. On note une diminution de l'efficacité en Corrèze, Haute-Vienne, Aveyron et Haute Pyrénées.

Pour les milbémycines (moxidectine), les premières résistances ont été découvertes en même temps que celles contre les avermectines en 2014. Depuis des résistances ou des multirésistances ont été découverte chez *T. circumcinta* ou *T. colubriformis* (Jouffroy et al. 2022).

La famille des salicylanilides, comme expliqué précédemment n'est efficace que contre *Haemonchus contortus*. Ainsi, pour mettre en évidence une résistance il faut réaliser une coproculture, afin de confirmer la présence ou non d'*H. contortus* après traitement. À ce jour en France, il n'y a pas de résistances décrites pour cette molécule (Jouffroy et al. 2022).

Les dérivées d'amino-acétronitrile sont disponibles sur le marché français que depuis 2017. Ainsi il n'y a pas encore de résistances décrites (Jouffroy et al. 2022).

Localisation	Espèce (T/NT)	LEV	LEV + FBZ	LEV + FBZ + AVM + MOX	LEV + FBZ + AVM	FBZ	AVM + FBZ	AVM	AVM + MOX	MOX	AVM + MOX + FBZ	CLO MON	LEV + MOX	LEV + FBZ + AVM + MOX + MON	Date
Corrèze (19)	OV NT					3/4	1/4			0/4					2017
Haute Vienne (87)	OV NT	0/7				7/7	5/7				1/7	0/7			2019
Alpes de hautes Provence (04)	OV T					1/5			0/5						2018
Aveyron (12)	OV NT							1/9		0/9					2019
Hautes Pyrénées (65)	OV T						1/1			0/1					2018
Hautes Pyrénées (65)	OV T		1/6			6/6	1/6				1/6				2021
Ariège (09)	OV T					5/5		0/5		0/5		0/5			2021
Drome (26) Ardèche (07)	OV NT		1/6			2/5				1/5			2/5		2021

Tableau 6 : Récapitulatif des résistances décrites en France en élevage allaitant depuis 2017, par département. FBZ : Fenbendazole ; MOX : Moxidectine ; IVM : Eprinomectine ; LEV : Levamisole ; MON : Monépartel ; CLO : Closantel. T : Transhumant ; NT : Non Transhumant (adapté de Jouffroy et al. 2022)

## 6 MISE EN EVIDENCE D'UNE RESISTANCE IN VIVO

---

La méthode la plus utilisée pour la détection et la surveillance d'apparition de résistance aux anthelminthiques chez les nématodes est le test de réduction du nombre d'œufs fécaux (FECRT) post-traitement, qui est applicable pour tous les anthelminthiques, y compris ceux avec un temps d'action long.

Des tests *in-vitro* existent mais ne seront pas développés dans cette partie (Taylor, Hunt, Goodyear 2002).

Le FECRT fournit une estimation de l'efficacité d'un anthelminthique en comparant le nombre d'œufs fécaux des animaux avant et après le traitement.

Les échantillons de matières fécales doivent être prélevés sur 10 à 15 animaux par groupes. (Taylor, Hunt, Goodyear 2002).

Les individus constituant les différents groupes doivent être de jeunes animaux âgés d'au moins 3 à 6 mois qui ont été élevés sur la propriété examinée. Les animaux ne doivent pas avoir été traités au cours des 8 à 12 semaines précédentes, car le test peut porter sur des vers « présélectionnés » et ne pas représenter la population parasitaire dans son ensemble (Coles et al. 1992a).

Chaque lot de 10-15 animaux est, soit composé au hasard parmi les animaux présents dans le troupeau, soit composé selon les comptages individuels des œufs fécaux.. Il est conseillé d'introduire un groupe témoin (animaux non traités) pour tenir compte des changements naturels du nombre d'œufs fécaux au cours du test (Coles et al. 1992a; Geurden et al. 2022).

Les échantillons fécaux individuels doivent être prélevés directement dans le rectum de chaque animal. Des échantillons fécaux frais peuvent être prélevés sur le sol lorsque l'identification de l'animal individuel est certaine. Un minimum de 5 g (10-15 boulettes) de fèces doit être prélevé par animal. Ces derniers doivent être placés dans des récipients individuels scellés et renvoyés rapidement au laboratoire pour le

comptage des œufs. Si les échantillons restants doivent être cultivés pour l'identification des nématodes, les échantillons ne doivent pas être conservés à 4 °C car cela peut affecter l'éclosion d'*Haemonchus contortus*. Si le nombre moyen d'œufs du groupe est inférieur à 150 opg, l'évaluation de la résistance ne sera pas interprétable. Or, un nombre moyen d'œufs inférieur à 150 OPG peut être courant chez les moutons adultes (Coles et al. 1992a; Geurden et al. 2022).

Les animaux sont traités avec un anthelminthique selon la dose recommandée par le fabricant soit la dose précise en milligrammes par kilogramme selon le poids de l'animal le plus lourd dans le groupe. Les anthelminthiques doivent être administrés à l'aide d'une seringue ou d'un pistolet de trempage préalablement calibré. Les anthelminthiques sont utilisés avant la date de péremption et ont été correctement stockés avant d'être utilisés dans le FECRT (Kaplan 2004; Coles et al. 1992a).

Les mêmes animaux doivent être échantillonnés avant et après le traitement, avec un intervalle de temps approprié pour l'anthelminthique utilisé, et les animaux doivent être correctement identifiés. D'après *Coles et al*, il est recommandé d'attendre entre 10 et 14 jours avant de prélever des échantillons fécaux après traitement. Cependant il y a quelques exceptions, lors de suspicion de résistance au lévamisole, les échantillons fécaux doivent être prélevés 7 jours après traitement (Kaplan 2004; Coles et al. 1992a).

Les fèces sont analysées individuellement selon la méthode décrite en 3.1.5 de la partie 1.

La moyenne arithmétique est préférable à la moyenne géométrique.

Le pourcentage de réduction est calculé à partir de la formule suivante où  $t$  est le nombre d'œufs du groupe traité à 7 ou 14 jours et  $c$  est le groupe témoin à 7 ou 14 jours :

Équation 3 : Calcul du FECR selon (Coles et al. 1992b)

$$FECR (\%) = 100 \times \left[ 1 - \left( \frac{\bar{X}_t}{\bar{X}_c} \right) \right]$$

Une résistance est présente si le pourcentage de réduction du nombre d'œufs est inférieur à 95 % et la borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 % est inférieur à 90 %. Si un seul des deux critères est rempli, une résistance est suspectée (Coles et al. 1992a).

Le test FECR ne permet pas de connaître précisément les espèces mises en évidence lors de résistances. C'est pour cela que la culture larvaire peut être utilisée pour déterminer les espèces concernées.

---

**PARTIE 3 : APPORTS DU  
TRAITEMENT CIBLE SELECTIF  
DANS LA LUTTE CONTRE LES  
STRONGYLOSES DIGESTIVES**

---

Dans le cadre de la lutte intégrée contre les strongles gastro-intestinaux, plusieurs leviers d'actions doivent être mis en œuvre. On peut travailler sur l'hôte par la sélection génétique, l'alimentation ou l'utilisation d'anthelminthiques non synthétiques et sur les pâtures en réfléchissant aux rotations des animaux sur les parcelles, en mettant en place du pâturage mixte ou de la lutte biologique. Toutefois, on ne peut pas s'affranchir de l'utilisation des anthelminthiques de synthèse dans la plupart des cas. Une utilisation plus raisonnée de ceux-ci dans le cadre du traitement ciblé sélectif paraît être une solution intéressante.

## **1 PRINCIPE DU TRAITEMENT CIBLE SELECTIF ET NOTION DE POPULATION REFUGE**

---

### **1.1 TRAITEMENTS CIBLES ET TRAITEMENTS CIBLES SELECTIFS**

Au regard de l'émergence des résistances, le recours raisonné aux anthelminthiques est devenu nécessaire afin de préserver au mieux l'efficacité des différentes molécules. Une des premières stratégies mises en œuvre a été de réaliser des traitements ciblés (targeted treatment (TT)). Il s'agit de se servir des connaissances concernant la biologie des strongles gastro-intestinaux (SGI), de la contamination des pâtures et de la physiologie des animaux pour déterminer des périodes à haut risque parasitaire et traiter les animaux uniquement à ce moment-là. Ainsi, on traitera par exemple les agneaux au moment du sevrage ou les brebis en peripartum (Charlier et al. 2014). Dans ce cas, le traitement concerne tout un lot d'animaux sans distinction entre ceux-ci.

Le traitement ciblé sélectif (targeted selective treatment (TST)) va plus loin en cherchant à ne traiter qu'une partie des animaux d'un lot donné à un moment donné : ceux pâtissant le plus de l'infestation par les SGI. Pour se faire, il est nécessaire de se baser sur des critères de sélection des animaux à traiter (Kenyon, Jackson 2012). Ce point sera détaillé dans la partie 4 section 2.

## 1.2 NOTION DE POPULATION REFUGE

En ne traitant qu'une partie des animaux, on fait appel à la notion de population refuge. Cette population correspond à la proportion de SGI présents sur la pâture (œufs et larves principalement) et celle présente chez les animaux non traités, toutes deux non soumis au traitement anthelminthique. On distingue alors une sous partie de la population constituée par les stades libres de SGI dans l'environnement au moment d'un traitement, les stades réfractaires au traitement (ex. larves en hypobiose) chez les individus traités et une partie de la population constituée par les SGI présents chez les individus non traités (voir figure 16) (Greer et al. 2020; Hodgkinson et al. 2019; Gaba et al. 2010).

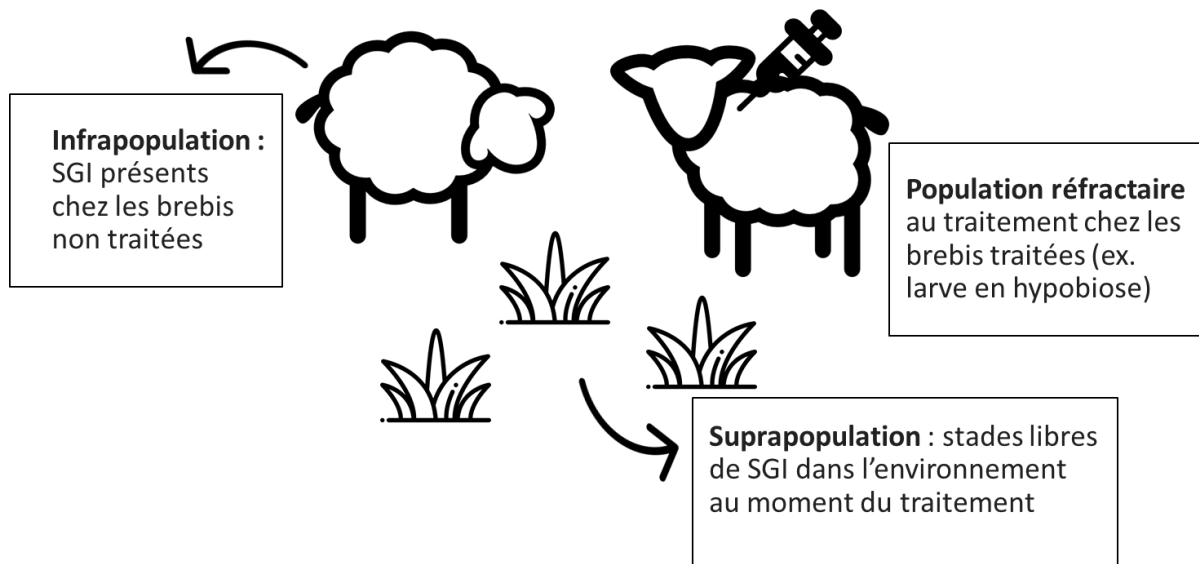


Figure 16 : Notion de population refuge, adapté d'après Greer et al. 2020

Maintenir une partie de la population de SGI dans la population refuge permet de garder des parasites non soumis au traitement à un moment donné.

Les parasites résistants à la molécule utilisée, sélectionnés par le traitement, se retrouvent alors dilués au sein de la population refuge. Le risque de transmission de la résistance à la descendance se retrouve diminué car les vers résistants ne sont pas les seuls présents sur la pâture. Le succès de cette stratégie dépend alors de plusieurs paramètres : du coût pour l'hôte d'héberger en son sein des vers résistants et sensibles sans recevoir de traitement, du niveau de résistance présent dans la population de SGI du troupeau, de la diversité génétique de la population de SGI, des



mécanismes et des modes de transmission de la résistance (allèles dominants ou récessifs), de la proportion d'animaux traités, de l'efficacité de la molécule utilisée et de sa fréquence d'utilisation. (Hodgkinson et al. 2019).

L'enjeu de la recherche consacrée au traitement ciblé sélectif est alors de définir quelle proportion d'animaux nécessite vraiment un traitement, tout en maintenant un niveau de production satisfaisant pour l'élevage et en gérant la contamination des pâtures par les larves. Il faut de plus identifier les animaux qui ont des performances sub-optimales dans un lot d'animaux ne souffrant manifestement pas du parasitisme (Besier 2008).

## **2 CRITERES DE SELECTION DES ANIMAUX A TRAITER**

---

Tout l'enjeu du traitement ciblé sélectif est de choisir les animaux à traiter et ceux à ne pas traiter. Plusieurs stratégies sont envisageables : traiter un pourcentage donné du lot en sélectionnant des animaux au hasard (Gaba et al. 2012), sélectionner les animaux à ne pas traiter sur la base de critères de performances, traiter les animaux semblant le plus souffrir de l'infestation parasitaire en se basant sur des critères de performance et physiopathologiques.... Pour envisager une mise en place dans des élevages commerciaux, les critères retenus doivent être facilement accessibles aux éleveurs, demander un minimum d'entraînement pour se les approprier et idéalement permettre une prise de décision au pied de l'animal (Kenyon et al. 2009). Ainsi, différentes pistes ont été étudiées. Bath et Van Wyk ont essayé de synthétiser l'approche à adopter en développant The Five Point Check<sup>®</sup> (figure 17) (Bath, van Wyk 2009). Il s'agit de s'intéresser à la présence d'écoulements nasaux, au marqueur clinique d'anémie au niveau de la conjonctive (FAMACHA<sup>®</sup>, cf annexe 1), à la présence d'un œdème sous mandibulaire, à l'état corporel et à des traces de souillures au niveau de l'arrière train. Ces différents points seront abordés dans les parties suivantes en relevant les seuils retenus pour la prise de décision de traitement dans la littérature.

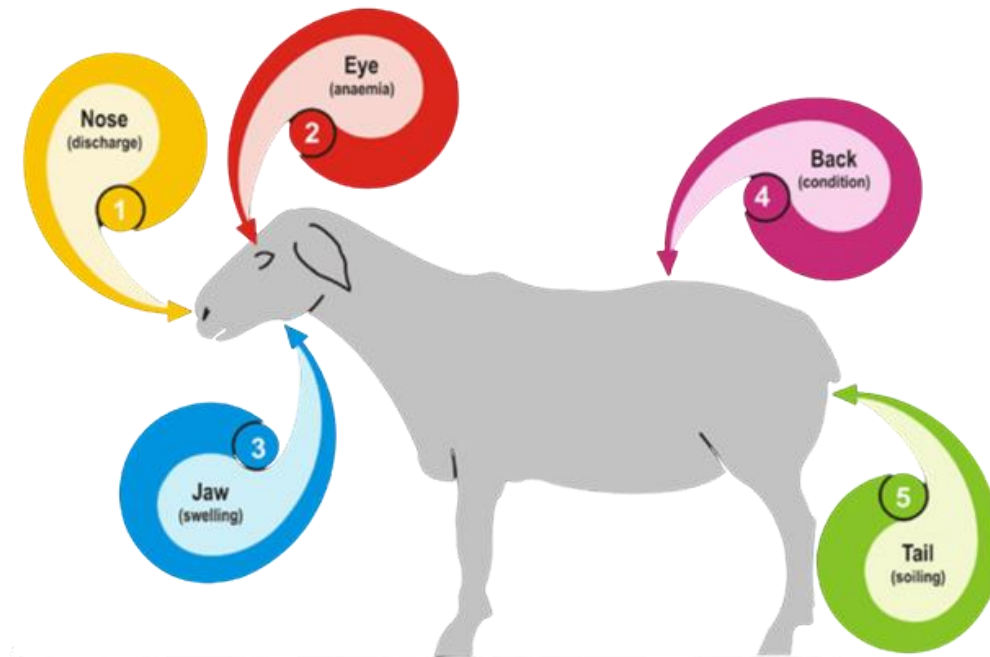


Figure 17 : The Five Point Check® (Bath, van Wyk 2009)

## 2.1 INTENSITE D'EXCRETION FECALE

Les valeurs d'intensité d'excrétion fécale en œufs par gramme sont obtenues après réalisation de coproscopies. Elles témoignent de l'existence d'une infestation parasitaire et de son intensité avec une bonne corrélation entre intensité d'excrétion d'œufs et intensité de l'infestation en nombre de vers (Teixeira et al. 2021; Cringoli et al. 2008). Cabaret (2008) a montré un niveau de corrélation entre la charge parasitaire et la valeur d'opg de 0,6 – 0,7 sur un échantillon de 45 moutons et chèvres.

La connaissance de l'intensité de l'excrétion d'œufs permet de ne traiter que les animaux moyennement (500-1000 opg) et/ou fortement excréteurs (>1000 opg). Le seuil choisi dépend de l'âge de l'animal et de son stade physiologique (agneau, agnelle de renouvellement, brebis à l'entretien ou en peripartum...). Toutefois la mise en œuvre de prélèvements et d'analyses individuels est longue, coûteuse et nécessite de manipuler deux fois les animaux (une première pour prélever des matières fécales et une seconde pour traiter les animaux choisis) (Soto-Barrientos et al. 2018).

Tableau 7 : Seuils retenus dans la littérature concernant l'intensité d'excrétion fécale

Publication	Cible	Seuil retenu
<b>(Leathwick et al. 2006)</b>	Agneaux l'engraissement Nouvelle-Zélande	à Traitement du lot d'agneau si l'excrétion fécale moyenne d'œufs de SGI dépasse 500 opg (traitement ciblé). Réalisation de coproscopies hebdomadaire sur la base de 10 échantillons prélevés au sol.
<b>(Cringoli et al. 2009)</b>	Brebis laitières Italie	- Dans une des quatre fermes étudiées, réalisation de coproscopies individuelles mensuelles et traitement des brebis au-dessus de la moyenne du lot en février (péripartum) et juin (milieu / fin de lactation).
<b>(Gallidis et al. 2009)</b>	Brebis et chèvre laitières - Grèce	Mesure de l'intensité d'excrétion fécale de tous les adultes dans 15 des 38 fermes périodiquement et traitement des individus excréteur plus de 300 opg.
<b>(Besier et al. 2010)</b>	Brebis mérinos Australie	- Objectif : maintenir une infestation <200 opg. Coproscopies individuelles toutes les 4 semaines sur 50-70 animaux témoin de l'infestation parasitaire dans chacune des 3 fermes et établissement par extrapolation de la proportion d'animaux à traiter. Ensuite appréciation à l'œil et à la main des animaux en moins bon état pour les traiter jusqu'à atteindre la proportion préalablement établie.
<b>(Gaba et al. 2010)</b>	Agneaux l'engraissement France	à Suivi mensuel de l'excrétion fécale et du gain moyen quotidien (GMQ). Traitement des agneaux les plus excréteurs et de ceux n'atteignant pas 100 g de GMQ sur le mois.

<b>(Valcárcel, Aguilar, Sánchez 2015)</b>	4 troupeaux ovins, 1 troupeau caprin - Espagne	Traitement si excrétion fécale supérieure à 300 opg.
<b>(Soto-Barrientos et al. 2018)</b>	3 troupeaux ovins – Mexique	Prélèvement de fèces si FAMACHA® ≥ 4 ou NEC ≤ 2 et traitement si excrétion supérieure à 750 opg, Le critère NEC ≤ 2 leur donne de très bon résultats avec seulement 1,1% de faux négatifs. Plus facile à mettre en place dans les fermes où la NEC est globalement supérieure à 2.

## 2.2 NOTE D'ETAT CORPOREL

La note d'état corporel permet d'évaluer l'état général et les réserves de graisse d'un animal. En outre, ce paramètre reflète la production en viande d'une brebis, pouvant être affectée par une infestation parasitaire (Mavrot, Hertzberg, Torgerson 2015). Il apparaît donc intéressant de le prendre en compte pour réaliser des traitements ciblés sélectifs, d'autant que son évaluation peut se faire au pied de l'animal. Toutefois, la NEC varie aussi selon la qualité de l'alimentation, le stade physiologique de la brebis et sa dégradation est tardive en cas d'infestation parasitaire et non corrélée à son intensité (Besier 2008). De plus, la NEC ne permet pas de distinguer les réserves de muscles et de graisses (Cornelius, Jacobson, Besier 2014).

Cette évaluation nécessite la présence d'un même opérateur bien entraîné tout au long de l'année afin d'avoir un maximum d'objectivité (Bath, van Wyk 2009). Selon le stade physiologie des brebis (entretien, lutte, mise bas, lactation...), l'état corporel attendu varie (Annexe 2). Il est nécessaire que les brebis soient en bon état pendant la lutte et la gestation, tandis que l'on tolère une diminution de celui-ci pendant la lactation et en période d'entretien. La NEC établie doit donc être interprétée en prenant en compte ces objectifs.

A l'échelle d'un lot de brebis, l'homogénéité ou l'hétérogénéité de cette note d'état corporel reflète également la qualité de l'alimentation des animaux. Une variation de plus d'un point de NEC au sein du lot peut traduire l'existence de maladies chroniques,

d'un âge avancé de certaines brebis et de l'usure de leur dents, d'une infestation parasitaire, etc (Bath, van Wyk 2009). L'utilisation d'une grille telle que présentée en annexe 3 permet d'objectiver la répartition des NEC au sein d'un lot d'animaux et de suivre son évolution au cours du temps. Elle permet également de trier les animaux afin de compléter les moins en état (réduction de la densité sur la pâture, apport d'une alimentation de meilleure qualité ou à densité énergétique augmentée...) (Soto-Barrientos et al. 2018).

Concernant enfin l'infestation parasitaire, la NEC apparaît un critère intéressant dans les régions tempérées où *T. circumcincta* et *T. colubriformis* sont prédominants. Dans les zones où *H. contortus* est majoritaire, l'indicateur FAMAHA® est plus pertinent (van Wyk et al. 2006). Le tableau 8 présente les seuils retenus dans la littérature concernant le critère NEC. On remarque que peu d'auteurs l'ont mis en œuvre jusqu'à présent.

Tableau 8 : Seuils retenus dans la littérature concernant la note d'état corporel (NEC)

Publication	Cible	Seuil retenu
<b>(Gallidis et al. 2009)</b>	Brebis et chèvre laitières - Grèce	Traitement des animaux de NEC inférieure à 2 (échelle de 1 à 5).
<b>(Besier et al. 2010)</b>	Brebis mérinos - Australie	Traitement d'un pourcentage de brebis décidé à l'avance en prenant en considération l'état corporel par inspection visuelle et palpation ou par l'attribution de la NEC (pas de seuil).
<b>(Cornelius, Jacobson, Besier 2014)</b>	Brebis mérinos - Australie	Traitement si NEC inférieure à 2 : 3 semaines avant l'agnelage, au marquage des agneaux (7-10 semaines après agnelage), au sevrage (14-19 semaines après agnelage) et post sevrage (28 semaines après agnelage).

### 2.3 GAIN MOYEN QUOTIDIEN

La croissance des agneaux est suivie par des pesées successives permettant de calculer le gain moyen quotidien (GMQ). Une infestation parasitaire peut être à l'origine d'une détérioration de ces performances avec une perte moyenne de 15% (IC95% : 12-18%) (Mavrot, Hertzberg, Torgerson 2015). La variation du poids des animaux est plus pertinente que sa mesure à un jour donné vis-à-vis de l'infestation parasitaire. Elle permet d'évaluer la résilience des animaux. La présence d'une balance automatique dans un élevage permet de faciliter l'accumulation des données : les agneaux sont reconnus par leur boucle électronique et leur poids est enregistré (van Wyk et al. 2006).

Tableau 9 : : Seuils retenus dans la littérature concernant le gain moyen quotidien (GMQ)

Publication	Cible	Seuil retenu
<b>(Leathwick et al. 2006)</b>	Agneaux – Nouvelle-Zélande	10% des agneaux les plus lourds non traités
<b>(Cabaret 2008)</b>	Agneaux à l'engraissement - France	En association avec diarrhée et FAMACHA. Traitement si perte d'état et/ou DISCO (score de diarrhée, cf tableau 10) = 3 et/ou FAMACHA® $\geq 3$ , GMQ indicateur le plus efficace dans cette étude
<b>(Greer et al. 2009)</b>	Agneaux à l'engraissement – Ecosse	Calcul de l'énergie métabolique ingérée, du besoin d'entretien et de l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les agneaux. Puis évaluation toutes les 2 semaines avec calcul de l'objectif de GMQ au vu de la ration. Traitement des agneaux n'atteignant pas ce GMQ.

<b>(Stafford, Morgan, Coles 2009)</b>	Agneaux à l'engraissement – Royaume-Uni	Choix des agneaux laissés non traités à l'appréciation de l'éleveur. Ils devaient être en bon état général, sans souillure anale et dans les 25% des meilleurs GMQ du groupe (pesée de 20-25 agneaux avant la prise de décision pour avoir des références). Utilisation d'une balance automatique.
<b>(Gaba et al. 2010)</b>	Agneaux à l'engraissement - France	Traitement mensuel des agneaux au GMQ inférieur à 100 g et de ceux à la plus forte excrétion fécale d'œufs de SGI.
<b>(Kenyon et al. 2013)</b>	Agneaux à l'engraissement - Ecosse	Agneaux évalués toutes les deux semaines et traitement de ceux qui n'atteignent pas les performances escomptées en utilisant le Happy factor* (Greer et al. 2009)
<b>(Busin et al. 2014)</b>	Agneaux à l'engraissement – Royaume-Uni	Traitement des agneaux n'atteignant pas un taux de croissance cible calculé à partir du modèle de décision Happy Factor*. (Greer et al. 2009)

\*Happy factor : modèle de prédiction de croissance qui s'affranchit des facteurs parasitologiques. Il prend en compte l'alimentation, le climat et l'âge de l'animal.

Tableau 10 : Score DISCO selon (Cabaret et al. 2006)

<b>Score DISCO</b>	<b>Aspect de fèces</b>	<b>Taux de matière sèche</b>
<b>1</b>	Fèces normales en « boulette »	40%
<b>2</b>	Fèces molles, comme bouse de vache	26%
<b>3</b>	Fèces semi-liquide, diarrhée	16%

## 2.4 SCORE DE DIARRHEE

La présence de traces de diarrhée est souvent reliée au parasitisme. Il faut cependant rester prudent sur l'imputabilité de ces dernières à l'infestation par des SGI. En effet, le diagnostic différentiel des diarrhées est très large, comprenant des causes

alimentaires ou infectieuses (bactérienne, virale, parasitaire) en première hypothèse. Concernant les diarrhées d'origine parasitaire, Williams et Palmer (2012) ainsi que Cabaret (2008) rappellent que les SGI (*T. circumcincta* et *T. colubriformis* majoritairement) ne sont pas les seuls parasites à l'origine de diarrhée. Les agents de coccidiose (*Eimeria spp*), de cryptosporidiose, de giardiose et de téniasis peuvent également provoquer des souillures de l'arrière train. Bath van Wyk (2009) rappellent l'intérêt de prendre en charge les animaux présentant de la diarrhée vis-à-vis de l'attractivité des souillures de la toison pour les mouches agents de myiases cutanées. Chez les brebis immunologiquement matures, le pâturage d'herbe jeune riche en eau et en glucides est une cause majeure d'apparition de diarrhée. Une rupture d'immunité vis-à-vis des pathogènes est possible en cas d'alimentation insuffisante ou de carences en vitamines et oligo-éléments, autour de la mise bas et pendant la lactation (Williams, Palmer 2012). Selon ces mêmes auteurs, l'infestation par des nématodes résistants a tendance à provoquer plus de diarrhée. Cependant, sa sévérité varie avec le climat, l'environnement et l'espèce de nématode incriminée. Enfin, les résultats de corproscopies sont moins fiables chez des animaux présentant de la diarrhée car l'augmentation du volume et de la fréquence de fèces émis diluent les œufs.

Tableau 11 : Seuils retenus dans la littérature concernant le score de diarrhée

Publication	Cible	Seuil retenu
<b>(Cabaret 2008)</b>	Agneaux l'engraissement France	à En association avec GMQ et FAMACHA® : - traitement si perte d'état et/ou DISCO (voir tableau 10) = 3 et/ou FAMACHA $\geq$ 3
<b>(Stafford, Morgan, Coles 2009)</b>	Agneaux l'engraissement Royaume-Uni	à Choix des agneaux laissés non traités à l'appréciation de l'éleveur. Ils devaient être en bon état général, sans souillure anale et dans les 25% des meilleurs GMQ du groupe (pesée de 20-25 agneaux avant la prise de décision pour avoir des références). Utilisation d'une balance automatique.

\*DISCO : diarrhea score (Cabaret et al. 2006)



## 2.5 FAMACHA<sup>®</sup>

Le score FAMACHA<sup>®</sup> (FAffa Malan CHArt) a été établi à la fin des années 1990 comme marqueur d'anémie. En effet, il fait le lien entre un signe clinique, la pâleur des muqueuses oculaires, et un paramètre hématologique : l'hématocrite. Les chercheurs ont distingué cinq catégories de couleur de muqueuse oculaire : rouge, rouge – rose, rose, rose – blanc et blanc. A cela, ils ont mis en lien les valeurs d'hématocrite des animaux (tableau 12). Un tableau a été créé et diffusé pour permettre l'appropriation de l'évaluation par les utilisateurs. Il montre les différentes couleurs de muqueuse oculaire et le score FAMACHA<sup>®</sup> associé (annexe 1). Le classement des animaux est assez bon (44% d'erreur), et 71% des animaux mal classés sont dans une catégorie adjacente (van Wyk, Bath 2002). L'observation des animaux pour utiliser ce critère en TCS doit être fréquente car la situation peut s'aggraver rapidement. En effet, dans une des trois fermes de leur étude (Bath, Van Wyk 2001), 4 brebis d'un troupeau de 250 sont mortes malgré une évaluation hebdomadaire des animaux. De plus, l'anémie est un signe clinique retrouvé uniquement dans les infestations par des parasites hématophages. Dès lors, le score FAMACHA est tout à fait adapté aux situations où *H. contortus* est prédominant comme dans les pays tropicaux et subtropicaux mais moins dans les régions tempérées où les communautés de strongles digestifs sont dominés par *T. circumcincta* et *T. colubriformis*. Il a été déployé largement et avec succès en Afrique du Sud, au Brésil, à Cuba, en France, en Guadeloupe, en Italie, au Kenya, en Malaisie, en Namibie et aux USA (Bath, van Wyk 2009).

Dans le cadre de la mise en place de TCS, un des très gros inconvénients de cette méthode est le temps nécessaire à l'évaluation régulière de tous les animaux. De plus, l'anémie est déjà très prononcée lorsque le score FAMACHA<sup>®</sup> est élevé.

Tableau 12 : Correspondance entre score FAMACHA© et hématoците d'après (van Wyk, Bath 2002)

FAMACHA©	Hématocyte (essai initial)
1	≥28 %
2	23 – 27 %
3	18 – 22 %
4	13 – 17 %
5	≤ 12 %

Tableau 13 : Seuils retenus dans la littérature concernant le score FAMACHA

Publication	Cible	Seuil retenu
<b>(van Wyk, Bath 2002)</b>	Ovins – Afrique du Sud	– Evaluation initiale des animaux toutes les deux semaines puis de manière hebdomadaire durant la période à haut risque d'haemonchose. Traitement des animaux présentant un score FAMACHA de 4 ou 5 (muqueuse oculaire blanche-rose à blanche) et un hématoците inférieur à 15% avec du lévamisole.
<b>(Cabaret 2008)</b>	Agneaux - France	- Traitement si score FAMACHA supérieur ou égal à 3 (muqueuse oculaire rosée à blanche) et/ou perte d'état et/ou score DISCO égal à 3.
<b>(Cringoli et al. 2009)</b>	Brebis laitières - Italie	- Dans deux des quatre fermes de l'étude, traitement si FAMACHA supérieur ou égal à 3. Évaluation des animaux toutes les deux semaines pendant la période de lactation.

## 2.6 PRESENCE D'UN ŒDEME SOUS-MANDIBULAIRE

La présence d'un œdème sous-mandibulaire traduit une hypoprotéïnémie. Celle-ci peut être dû à une infestation par *Haemonchus contortus*, mais aussi par des stades immatures de paramphistomes (*Calicophoron daubneyi*) ou de la grande douve (*Fasciola hepatica*) Il ne faut pas non plus omettre des pathologies non parasitaires de causes néoplasiques, infectieuses ou encore à de la photosensibilité. Concernant les infestations par *Haemonchus contortus*, l'œdème sous-mandibulaire précède parfois l'anémie marquée (Bath, van Wyk 2009).

## 2.7 AGE DES ANIMAUX

La mise en place de l'immunité contre les strongles gastro-intestinaux chez les petits ruminants diffère de ce qui est connu chez les bovins. En effet, les brebis ne s'immunisent jamais totalement ce qui explique que le parasitisme gastro-intestinal soit un talon d'Achille pour ces animaux ! Ainsi, il semble pertinent de traiter les plus jeunes animaux d'un lot pour que leur système immunitaire ne soit pas dépassé.

Publication	Cible	Seuil retenu
(H Hoste et al. 2002)	Chèvres - France	Traitement des chèvres en première lactation

## 2.8 PRODUCTION LAITIERE

Le critère de production de lait a été utilisé en chèvres et brebis laitières. En effet, (H. Hoste et al. 2002) ont montré que dans 5 fermes sur 14 que les femelles hautes productrices sont plus excrétrices d'œufs de SGI dans leur matières fécales d'environ 20%.

Tableau 14: Seuils retenus dans la littérature concernant la production laitière

Publication	Cible	Seuil retenu
<b>(H Hoste et al. 2002)</b>	Chèvres - France	Traitement des plus hautes productrices à partir des données de production des 2 premiers mois de lactation
<b>(Cringoli et al. 2009)</b>	Brebis laitière - Italie	Dans 1 des 4 fermes, traitement des brebis produisant plus que la moyenne de la troupe. Les traitements ont eu lieu au moment du pic de lactation en postpartum (avril) et en milieu/fin de lactation (juin)
<b>(Gallidis et al. 2009)</b>	Brebis laitières Grèce	– Les animaux de 4 fermes parmi les 38 ont été traités selon la production laitière, mesurée par la machine à traire automatique. Les brebis produisant plus de 2 litres par jour ont été traitées.
<b>(Béry, Rayssac 2022)</b>	Brebis laitières France	– Travail dans trois fermes du rayon de Roquefort. Certains éleveurs ont choisi de traiter les brebis dont la production laitière a diminué entre deux contrôles. Mise en évidence d'excrétions supérieures des brebis hautes productrices.

## 3 RESULTATS ATTENDUS

---

### 3.1 PROPORTION D'ANIMAUX TRAITES

Le traitement ciblé sélectif vise à ne traiter qu'une partie des animaux d'un lot. Cabaret et al. 2009) souligne que cela va dans le sens de la réduction de l'usage d'intrants chimiques. Au-delà de l'impact sur la propagation des résistances, cela est tout à fait pertinent dans le cadre de la transition agroécologique. Les différentes études sur la mise en place de traitements ciblés sélectifs montrent que l'application des critères développés précédemment permettent de réduire effectivement le nombre d'animaux traités et/ou le nombre de traitement reçu par animal.

Concernant les agneaux, l'usage classique est de les traiter toutes les 4 à 6 semaines après la mise à l'herbe. La mise en place du TCS pour des agneaux en croissance permet de réduire d'environ de moitié et même jusqu'à 90% le nombre de traitement administré par rapport à cet usage (Busin et al. 2014; Cabaret 2008; Gaba et al. 2010; Kenyon et al. 2013; Stafford, Morgan, Coles 2009; Greer et al. 2009). Dans l'étude de Busin et al. 2014 conduite sur 2 ans, les animaux ont été évalués toutes les 6 semaines et 19% [0-60 %] d'entre eux ont été traités en moyenne [bornes inférieure et supérieure]. 134 animaux sur 190 du lot TCS ont été traités avec 0,95 traitement par animal en moyenne tandis que 189 animaux sur 195 du lot « traitement suppressif » (traitement à chaque visite) l'ont été avec 1,85 traitement par animal en moyenne. De plus, les auteurs ont mis en évidence une différence significative du nombre de traitement reçus en TCS selon le sexe : les femelles ont été plus traitées que les mâles. De leur côté, Kenyon et al. (2013) et Greer et al. 2009) ont travaillé à la comparaison de différents régimes de traitement : le régime dit suppressif (NST) où tous les animaux sont traités toutes les 4 semaines, le régime de TCS (TST), le régime selon lequel tous les animaux sont traités à des moments prédéterminés (SPT) et enfin le régime où tous les animaux sont traités lors d'apparition de signes cliniques (MT). Le tableau 15 présente leurs résultats en terme de diminution du nombre de traitements administrés.

Tableau 15 : Réduction du nombre de traitements dans une stratégie de traitement ciblé sélectif (Greer et al. 2009; Kenyon et al. 2013)

		<b>NST</b>	<b>MT</b>	<b>SPT</b>	<b>TST</b>
<b>(Greer et al. 2009)</b> 24 agneaux dans chaque lot	Nombre de traitements par agneau	5 (semaines 4, 8, 12, 16 et 20)	2 (semaines 6 et 20)	3 (semaines 4, 16 et 20)	1 (tout le lot à 4 semaine) + 1,56 de plus en moyenne ensuite
	Nombre de traitements individuels	240	94 → 61% de réduction	136 → 44% de réduction	<b>123</b> → <b>49% de réduction</b>
<b>(Kenyon et al. 2013)</b> 5 années d'étude	Nombre de traitements par agneau	4	1 – 3 → 25-75% de réduction	2 → 50% de réduction	<b>1,6 – 2,2</b> → <b>40-55 % de réduction</b>

Dans les deux cas, on remarque que le nombre de traitements réalisés selon le régime TST est nettement inférieur au régime de traitement classique (NST) mais supérieur au régime MT pour lequel les animaux expriment des signes cliniques marqués en lien avec l'infestation parasitaire.

En ce qui concerne les brebis, les auteurs utilisent différents critères pour sélectionner les animaux à traiter. Ainsi, le taux d'animaux laissés non traités varie beaucoup entre les études. Bath Wyk (2009) soulignent qu'en cas de doute sur le choix de traitement, le fait de traiter ne portera pas préjudice à la stratégie de TCS : la part de strongle dans la population refuge sera simplement diminuée.

Dans l'essai initial visant à objectiver l'utilisation du critère FAMACHA (van Wyk, Bath 2002), seul 30% des animaux ont nécessité au moins un traitement. De plus, 10% d'entre eux ont eu besoin de plus d'un traitement et seulement 1% des brebis ont reçu quatre traitements (le maximum) alors qu'habituellement cinq traitements sont administrés sur la période. Par ailleurs, les auteurs mettent en évidence une variation selon le stade physiologique des animaux : 45% des brebis en lactation n'ont pas eu besoin de traitement (23% ont eu besoin de plus d'un traitement), 83% des brebis à l'entretien et 71% des brebis gestantes.

Besier et al. (2010) ont travaillé à partir des notes d'état corporel dans 3 fermes différentes. Les animaux du lot TCS ont reçu respectivement 40%, 47% et 27 % de traitement en moins que le lot de brebis traitées classiquement. Ce résultat souligne le fait que le taux de réduction du nombre de traitement peut varier d'une ferme à l'autre.

Dans leur étude réalisée dans trois fermes mexicaines, Soto-Barrientos et al. (2018) ont réussi à maintenir 63,5% en moyenne (entre 51,3% et 79,8% selon les élevages) des brebis sans traitement anthelminthique sur une période de un an. La proportion de brebis traitée une fois varie de 14,4 % à 29,6 %, celle des brebis traitées deux fois de 5,3% à 14,3% et celle des brebis traitées trois fois et plus de 0% à 5,5%.

Dans leur étude, Valcárcel, Aguilar Sánchez (2015) ont travaillé dans quatre fermes espagnoles. Trois lots ont été créés avec des critères de décision différents : selon l'excrétion fécale d'œufs de strongles, selon le poids vif et selon l'apparition de signes cliniques. Les brebis étaient prélevées mensuellement et une analyse coproscopique des matières fécales était réalisée. Un traitement a été administré si l'excrétion fécale dépassait 300 opg et une réduction de 48,53% à 100% du nombre de traitement a été observé selon le troupeau. La mise en place du traitement ciblé sélectif permet donc de proposer une solution adaptée à chaque élevage selon l'infestation parasitaire présente. Pour le lot traité selon le poids vif, on observe une diminution du nombre de traitement entre 12,5% et 78% selon la ferme. Enfin, pour le lot traité selon l'observation de signes cliniques (toux, écoulement nasal muqueux, présences de tiques, lésion sur muqueuse), il n'a pas été nécessaire de traiter les animaux. Le taux de réduction du nombre de traitement est donc de 100%.

Concernant les animaux producteurs de lait, Cringoli et al. (2009) ont traité entre 48 et 60% du lot de leur étude en sélectionnant les animaux sur l'excrétion fécale d'œufs de SGI et la production laitière. Gallidis et al. (2009) quant à eux, ont pu réduire de  $41,1 \pm 24,1$  % le nombre de traitements pour les brebis laitières et de  $62,7 \pm 30,3$  % pour les chèvres pour les animaux traités selon l'intensité d'excrétion fécale (les 2 différences sont significatives). Pour les animaux traités selon la NEC la réduction du

nombre de traitement est de  $53 \pm 15,4$  % en brebis laitière mais ce résultat n'est pas significatif et ne concerne que 3 troupeaux de leur expérimentation. Pour le lot de chèvres, la réduction est de  $73,3\% \pm 5,3\%$  et est significative. Concernant, le lot de brebis traitée selon la production laitière, la réduction du nombre de traitement est de  $81,6 \pm 14,0$  % et est significative. Enfin, Hoste et al. (2002) ont utilisé les critères d'âge et de forte production laitière et ont traité environ deux tiers du lot d'animaux.

Stafford, Morgan et Coles (2009) souligne que dans les élevages commerciaux, la proportion d'animaux laissés non traités peut augmenter avec le temps, à mesure que les éleveurs deviennent moins frileux vis-à-vis de ces nouvelles modalités de traitement et en l'absence de pertes économiques.

Ainsi, la mise en place du traitement ciblé sélectif permet de réellement diminuer le nombre de traitement administré aux animaux. Cependant il est nécessaire que les performances zootechniques des animaux laissés non traités ne soient pas dégradées pour que cela soit pertinent et pour que les éleveurs gagnent en confiance.

### **3.2 IMPACT SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES**

La mise en place du traitement ciblé sélectif implique de laisser des animaux non traités sur les pâtures. Aussi, la seule protection qui leur est conférée est la réduction du nombre de larves sur la pâture via le traitement d'une partie des animaux.

Dans leur étude s'appuyant sur le FAMACHA<sup>®</sup>, van Wyk et Bath (2002) rapportent que les animaux traités, qui ont présenté une anémie sévère, ont un poids et un gain de poids dans les 3 derniers mois significativement plus faible que les animaux non traités (moins affectés par le parasitisme). Ceux-ci sont de 43,4 et 46,0 kg et de 2,5 et 3,9 kg respectivement. Cependant, il n'y avait pas de lot témoin dans cette étude.

Les travaux de Stafford, Morgan et Coles (2009) comparent les performances des agneaux traités vis-à-vis des agneaux non traités. L'excrétion fécale d'œufs de strongles n'est pas significativement différente. Par ailleurs, le gain de poids moyen des animaux n'a pas été affecté par la décision de traiter ou non.

De leur côté, Busin et al. (2014) ont montré qu'il n'y avait pas de différence de GMQ entre les agneaux du groupe TCS et ceux du groupe traité à dates prévues ( $257 \pm 7,1$



g/jour et  $263 \pm 6,2$  g/jour respectivement). Il n'y a pas non plus de différence de temps nécessaire pour atteindre le poids d'abattage (42 kg).

Dans l'étude comparative de Kenyon et al. (2013) sur des agneaux, les différences de GMQ des différents lots (traitement suppressif, traitement ciblé, traitement ciblé sélectif ou traitement à l'apparition de signes cliniques) n'étaient pas significativement différentes, quel que soit le lot ou l'année.

Enfin, Greer et al. (2009) ont mis en évidence une interaction significative entre le traitement et le sexe des agneaux considérés pour les lots NST, MT et SPT mais pas pour le lot TST. En effet, les agneaux mâles étaient plus lourds que les agneaux femelles. De plus, les individus du lot MT, traités seulement en cas d'apparition de signes cliniques, sont restés plus légers que les autres tout au long de l'étude. Le tableau 16 reprend les performances des différents lots. Le lot pour lequel le traitement ciblé sélectif a été appliqué obtient des résultats comparables à ceux des lots NST et SPT.

Tableau 16 : Performance des agneaux des différents lots dans l'étude de (Greer et al. 2009)

	<b>NST</b>	<b>MT</b>	<b>SPT</b>	<b>TST</b>
<b>GMQ (g/jour)</b>	143 ± 4,3	127 ± 2,4	142 ± 3,1	142 ± 2,8
<b>GMQ par traitement anthelminthique (kg)</b>	4,40	9,78	7,29	8,54

Dans l'essai précédant les modélisations mathématiques de Gaba et al. (2010), il n'y a pas de différence significative ( $p=0,44$ ) sur le gain de poids moyen entre le lot traité tous les mois ( $18,7 \pm 0,39$  kg) et le lot du traitement ciblé sélectif ( $17,3 \pm 0,35$  kg).

D'autres auteurs se sont intéressés aux brebis. Cornelius, Jacobson Besier (2014) ont travaillé dans 2 fermes sur la NEC des animaux. Les brebis du lot TCS étaient traitées si la NEC était inférieure à 2 sur une échelle de 5, les brebis du lot témoin étaient traitées systématiquement à chaque visite espacée de 26 à 90 jours. Initialement, les animaux ont été classés en 4 catégories de NEC : <2,7, 2,7, 3,0 ou >3,0. Le tableau 17 reprend les différences significatives en termes de variation de NEC mises en

exercer par ce travail. Ainsi, les brebis moins en état initialement ont perdu plus d'état si elles appartenaient au lot TCS. De plus, comme cela peut être attendu, le risque d'avoir une NEC inférieure à 2 pendant la durée de l'expérience est plus important pour les brebis ayant présenté une NEC faible initialement. Dans la ferme A, toutes les brebis à la NEC inférieure à 2,5 avant l'agnelage ont présenté une NEC inférieure à 2 au cours de l'expérience. Enfin, cette étude rappelle que l'alimentation joue un rôle important dans le maintien de la résilience des brebis puisque les animaux de la ferme A, pâturant seulement et étant moins en état ont présenté des excréments plus importantes que ceux de l'élevage B.

Tableau 17 : Evolution de la NEC des brebis dans l'étude de (Cornelius, Jacobson, Besier 2014), adapté de (Cornelius, Jacobson, Besier 2014)

Période	NEC initiale	Ferme A			Ferme B		
		Témoin	TCS	p-value	Témoin	TCS	p-value
<b>Période expérimentale complète</b>	≤2,5 2,7	-0,42 ± 0,05	-0,71 ± 0,04	<0,001	0,31 ± 0,06	0,02 ± 0,06	0,001
<b>Pré-agnelage – marquage des agneaux</b>	≤ 2,5	-0,83 ± 0,04	-1,00 ± 0,05	0,012	-0,30 ± 0,05	-0,33 ± 0,06	ns
<b>Marquage des agneaux – sevrage</b>	≤ 2,5	0,41 ± 0,04	0,29 ± 0,03	0,013	0,76 ± 0,06	0,68 ± 0,06	ns
<b>Sevrage post sevrage</b>	– ≤ 2,5	/	/	/	-0,16 ± 0,06	-0,36 ± 0,08	0,049

De leur côté, Besier et al. (2010) n'ont pas mis en évidence de perte de production ou de performance de reproduction pour les brebis à qui on a appliqué le TCS sur la base de la NEC. Ils ont étudié le taux de gestation, le taux de naissance et de survie des agneaux, le taux de perte entre le marquage et le sevrage des agneaux et le taux de sevrage.

L'étude menée par Calvete et al. (2020) s'est intéressé aux variations de NEC suite à un traitement 5 semaines avant la mise en lutte et 5 semaines avant les mises bas administré aléatoirement à certaines brebis d'un lot et aux résultats d'agnelage. Durant toute la durée de l'expérience, les brebis traitées et non traitées ont pâturé les mêmes parcelles. Avant la mise en lutte, ils ont montré une relation significative dans leur modèle entre les brebis traitées et le gain d'état corporel, avec une plus forte relation lorsque le niveau d'excrétion fécale est important. De plus, la fertilité des brebis est meilleure de 8% pour les brebis traitées ayant une NEC initiale inférieure à 2,75. Enfin, leur modèle met en avant une relation significative entre les brebis traitées et celles ayant pris à la première ovulation. Ceci est moins corrélé lorsque les brebis présentaient une NEC initiale supérieure à 2,75. En prépartum, le modèle conserve l'interaction entre le taux d'excrétion fécale et le poids des agneaux à la naissance dans le sens où une forte excrétion est corrélée avec un poids plus petit des agneaux. L'interaction traitement X poids des agneaux à la naissance suggère que le déparasitage a un effet positif sur le poids des agneaux mais que cela est plus marqué lorsque l'excrétion fécale est importante, avec un seuil à 400 opg obtenu par modélisation. Le poids de naissance des agneaux était de 3,28 kg pour ceux nés de brebis excrétaient 400 opg ou moins et de 3,25 kg pour les brebis excrétaient plus de 400 opg. Il était de 3,28 kg pour les agneaux nés de mères vermifugées et de 3,25 kg pour ceux nés de mères non traitées. Concernant la mortalité péripartum, le modèle ne conserve que la taille de la portée et le traitement. L'odds ratio est de 1,24 (IC 90% : 1,001 – 153) pour les agneaux nés de mères du lot contrôle par rapport à ceux nés de mères traitées. Aussi, bien que les différents modèles mettent en évidence des différences de performance entre les brebis traitées choisies aléatoirement et les brebis non traitées, les écarts sont faibles à très faibles. Les chercheurs ont ensuite effectué des modélisations. Ils mettent en évidence que le traitement des brebis de NEC inférieure à 3 cinq semaines avant la mise en lutte et la mise bas permet et d'améliorer la productivité et de maintenir une population refuge.

Valcárcel, Aguilar, Sánchez (2015) ont travaillé sur le poids vif de brebis et de chèvres à la suite du TCS. Ils n'ont pas mis en évidence de différence de poids vifs entre les animaux traités et non traités indépendamment de l'élevage ou de l'année.

Concernant les ovins laitiers, Cringoli et al. (2009) n'ont pas mis en évidence de différence significative de production laitière entre groupe contrôle n'ayant pas reçu de traitement et le groupe TCS. De leur côté, Hoste et al. (2002) ont suivi 11 fermes sur 2-3 ans et ont mis en place un régime TCS après un an. De la même manière, il n'y a pas eu de perte de production laitière sous ce nouveau régime de traitement.

### **3.3 REDUCTION DE LA VITESSE DE PROPAGATION DES RESISTANCES**

A moyen et long terme, le but du traitement ciblé sélectif est de limiter la propagation des allèles conférant la résistance au sein des populations de strongles gastro-intestinaux. Besier (2008) rappelle la difficulté de l'évaluation terrain de la résistance aux anthelminthiques et souligne que le FECRT n'est pas toujours suffisamment sensible. Toutefois on observe parfois un effondrement de l'efficacité des molécules sur une courte période. Les études par modélisations informatiques se basent sur l'écologie des différents SGI et sur les effets immunologiques et sont d'un bon secours sur ce point.

Kenyon et al. (2013) ont montré qu'après 4 ans, l'ivermectine utilisée dans le traitement des animaux présentait une efficacité de 84% pour le groupe TCS et de 61,7% pour le groupe NST pour une efficacité initiale de 95-98%. Cet écart est significatif ce qui conforte l'intérêt de la mise en place du traitement ciblé sélectif pour limiter la propagation des résistances. Toutefois, la diminution de l'efficacité est une réalité même en réalisant des TCS. On ne peut donc espérer que ralentir l'avancée des résistances.

Dobson et al. (2011) ont créé un modèle informatique. Ils montrent que si l'efficacité de l'anthelminthique est importante (>95%), un refuge de 4-10% a déjà un impact bénéfique sur le contrôle des SGI et ne nuit pas aux performances des animaux. La rotation de molécules a une efficacité égale si ce n'est supérieure au fait de laisser 1-10% des adultes non traités sur le contrôle des nématodes et la sélection de résistances. Dans leur simulation, les animaux de moins d'un an sont systématiquement traités car l'inverse ne serait pas acceptable pour les éleveurs et les vétérinaires. Ils estiment que le maximum de bénéfices est obtenu en laissant

jusqu'à 4% d'animaux non traités. Au-delà, la prise de risque sur la diminution des performances augmente.

Après une étude terrain sur des agneaux, Gaba et al. (2010) ont réalisé de la modélisation avec 500 brebis naïves sur 42 hectares, 2,5 millions de larves par hectare et une fréquence initiale de l'allèle de résistance aux benzimidazoles de 0,5%. Ils ont travaillé sur cinq saisons de pâture et ont évalués les conséquences du traitement de 2, 10, 20, 30, 40, 60, 80 ou 100% du lot d'animaux. Les brebis les plus infestées étaient traitées deux fois par an. Les différences commencent à apparaître dès la deuxième saison de pâture, et après cinq saisons elles sont très marquées. En traitant 30% ou moins des animaux, la proportion d'allèles résistants peut être maintenu en dessous de 10%. Le passage de 30 à 40% de brebis traitées entraîne une augmentation significative de la fréquence des allèles résistants ( $p\text{-value} = 1,016 \cdot 10^{-10}$  selon Wilcoxon test). Par ailleurs, la taille du troupeau a aussi une importance. Les modélisations ont été faites pour des lots de 50 à 1000 animaux et pour une proportion de brebis traitées de 20 et 30%. Après 5 saisons de pâture, la fréquence de l'allèle de résistance est maintenu en dessous de 10% sauf dans les grands troupeaux, à partir de 1000 brebis pour 20% des animaux traités et de 750 brebis pour 30% des animaux traités. Enfin, les chercheurs ont mis en évidence l'importance de la date de traitement. En effet, un traitement réalisé pendant la saison sèche limite le nombre de SGI dans la population refuge et l'augmentation de la fréquence des allèles de résistance est plus importante.

### **3.4 IMPACT ECONOMIQUE**

Pour assurer une mise en place du traitement ciblé sélectif, les éleveurs ne doivent pas être pénalisés économiquement. Il est nécessaire, en effet, que les performances du troupeau ne soient pas significativement dégradées car les pertes potentielles pourraient vite dépasser les coûts de traitement économisés.

L'utilisation des critères précédemment évoqués permettent de réduire l'utilisation des anthelminthiques en proportion importante et donc des coûts associés (van Wyk, Bath 2002). Selon la molécule utilisée, l'économie est plus ou moins importante. Toutefois, les familles de molécules pour lesquelles les résistances sont les plus répandues sont les moins onéreuses. A mesure de l'avancée des résistances et de la diminution du

nombre de famille utilisable, le coût des traitements anthelminthiques augmente. Traiter moins d'animaux devient alors une véritable économie.

Sélectionner les animaux à traiter ou non demande aux éleveurs de passer au pied de chaque animal pour évaluer les critères discutés précédemment. Ce temps supplémentaire peut être un frein pour eux, a fortiori s'il n'existe pas de ligne de conduite claire Cabaret (2008). Toutefois, cette évaluation des animaux peut être couplée à d'autres travaux comme les pesées des agneaux, le moment du sevrage ou le parage pour optimiser les moments où les ovins sont manipulés.

En regard de cela, plus les conditions de travail initiales sont confortables et plus facile sera la mise en place du TCS. La présence de cornadis notamment est très facilitatrice. Concernant les agneaux, la présence de balances automatiques permet d'une part un bon suivi des croissances avec des pesées tous les quinze jours et de l'autre de pouvoir faire des lots pour sélectionner les animaux à traiter (Kenyon et al. 2013; Besier et al. 2010; Busin et al. 2014). Aussi, la mise en place du traitement ciblé sélectif doit être réfléchi en amont pour évaluer la faisabilité. Par ailleurs, dans les zones où *H. contortus* est majoritaire, la situation clinique des animaux peut évoluer très rapidement et il faut pouvoir se montrer réactif au cas où des animaux non traités pâtiraient de sa présence (Besier et al. 2010).

Dans les cas où des analyses sont nécessaires pour prendre la décision de traiter ou non les animaux (analyses coproscopiques par exemple), ces frais sont à prendre en considération également et peuvent devenir importants. La réalisation d'analyses de mélange en ciblant les animaux moins en état et les jeunes est une première solution. S'il n'y a pas de contexte de résistance, les éleveurs peuvent être plus réticents car le bénéfice économique n'est pas si important en regard des efforts fournis.

---

**PARTIE 4 : MISE EN PLACE DU  
TRAITEMENT CIBLE SELECTIF  
DANS DEUX LYCEES AGRICOLES**

---

# 1 INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

---

Dans les élevages de brebis allaitantes, la maîtrise du parasitisme est un enjeu considérable. En effet, une infestation importante des animaux par des strongles gastro-intestinaux altère leur production de viande, de lait et de laine (Mavrot, Hertzberg, Torgerson 2015) et peut même entraîner de la mortalité selon l'espèce impliquée. Par ailleurs, de plus en plus de cas de résistance des SGI aux molécules antihelminthiques utilisées sont rapportées (*cf* section 5 de la partie 2). Cela entraîne un maintien de la pression parasitaire à un niveau acceptable plus difficile, nécessitant de ne pas seulement recourir aux traitements chimiques.

L'enjeu est également économique puisque les éleveurs d'ovins allaitants tirent principalement leur revenu de la vente d'agneaux dont la croissance sous la mère peut être altérée si cette dernière est parasitée et en pâtie.

Le traitement ciblé sélectif est une solution proposée dans le cadre d'une gestion intégrée du parasitisme. De nombreuses études ont montré son intérêt, mais il s'agit aujourd'hui de transformer ce concept en recommandations concrètes pour les éleveurs (Besier 2008; Cabaret 2008).

Dès lors, notre travail se propose de répondre aux questions suivantes :

- (i) La mise en place de traitement ciblé sélectif contre les strongles gastro-intestinaux est-elle possible en brebis allaitantes ?
- (ii) Les critères d'âge, d'appréciation de l'état corporel par l'éleveur et de présence de traces de diarrhée sont-ils pertinents pour sélectionner les animaux à traiter ?
- (iii) Les performances de reproduction des mères et de croissance des agneaux sont-elles les mêmes que les brebis aient été traitées ou non ?



## **2 MATERIEL ET METHODES**

---

### **2.1 CHOIX DES ELEVAGES**

Le choix des élevages s'est basé sur plusieurs critères. Le premier a été de choisir une exploitation comportant des moyens de contention suffisants avec un parc de contention et des cornadis afin de pouvoir manipuler les animaux correctement. Ensuite, pour que les résultats de notre étude aient du sens, un cheptel suffisamment grand était nécessaire, afin que nous puissions créer des lots de 10-15 animaux pour chaque anthelminthiques testés ainsi qu'un lot témoins. Le dernier critère a été de choisir des élevages assurant un bon suivi des animaux d'un point de vue technique mais aussi sanitaire avec un enregistrement rigoureux des données.

Le choix d'inclure des lycées agricoles est apparu dans un second temps. Il nous semblait important de pouvoir communiquer sur notre projet auprès des élèves et des nombreux stagiaires présents tout au long de l'année sur ces exploitations.

Ainsi les élevages C et F ont été choisis, car ils correspondaient à tous nos critères évoqués ci-dessus.

### **2.2 PRESENTATION DES ELEVAGES**

#### **2.2.1 Elevage C**

L'élevage C se situe en Saône et Loire et est rattaché à un lycée agricole. De fait, des objectifs plus larges que la production commerciale y sont fixés avec (i) l'apport de références technico-économiques pour la profession et les éleveurs installés ou en vue d'installation, (ii) la formation des jeunes ou des adultes à la production ovine (CS ovin, formations éleveurs...), (iii) la communication sur l'image de la production ovine afin de faire part des atouts et des contraintes du métier d'éleveur ovin et enfin (iiii) l'expérimentation et le développement de techniques permettant de répondre aux attentes de la filière ovine. Notre collaboration s'intègre donc dans les objectifs (ii) et (iii).

Cet élevage est situé à 282 mètres d'altitude et est à l'intersection de 3 zones climatiques : zone de climat océanique plus ou moins altérée, zone climatique de montagne et zone climatique aux influences continentales sensibles (*Le climat en France métropolitaine* / Météo-France). La figure 18 présente l'évolution des températures minimales et maximales moyennes ainsi que les précipitations cumulées mois par mois entre décembre 2020 et décembre 2022.

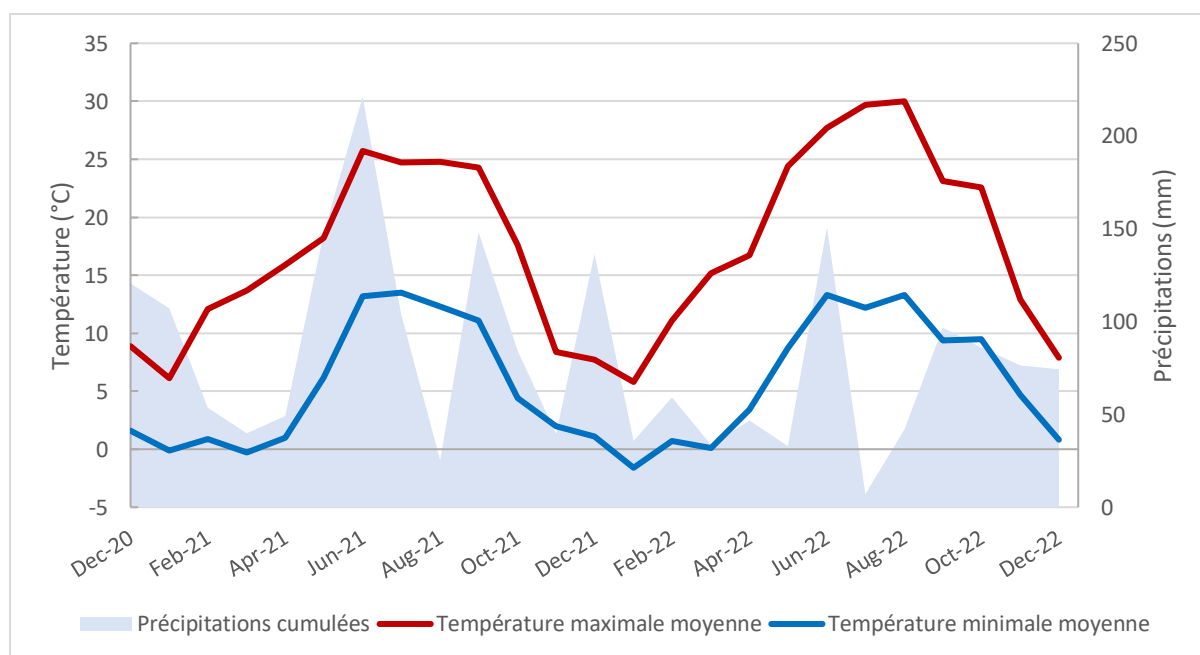


Figure 18 : Evolution de la température et de la pluviométrie sur la commune de l'élevage C entre décembre 2020 et décembre 2022 à partir des relevés Météociel®

Cette entreprise agricole embauche l'équivalent de 3 temps pleins avec un directeur d'exploitation, un berger et un apprenti. Des stagiaires du lycée agricole sont reçus toutes les semaines par groupe de 2 ou 3. Un appui technique est réalisé par la chambre d'agriculture du département.

La ferme exploite 72 ha de prairie et a un cheptel de 700 brebis, séparées en 2 troupes. La première est constituée d'une centaine de brebis de race Mouton Charollais et la seconde d'environ 600 brebis de race Romane. Les agneaux et agnelles sont vendus soit en tant que futurs reproducteurs soit pour la boucherie (contrat avec une enseigne de grande distribution et vente directe). Pour assurer une production constante, 5 périodes d'agnelages ont lieu sur l'année. Notre étude s'est intéressée au lot de brebis Romane mettant bas en avril (reproduction saisonnée).

La race Romane a été créée par l'INRA dans les années 1970 à partir de croisement entre animaux Romanov et Berrichon du Cher et a été baptisée en 2006. Il en résulte des brebis très prolifiques (200 à 230%) aux bonnes qualités maternelles et rustique. Cette race dispose d'un organisme de sélection (*O.S. Romane*).

Les figures 19 et 20 reprennent l'ensemble des manipulations et événements s'étant déroulé sur notre période expérimentale. Trois périodes d'agnelage ont eu lieu : la première en avril 2021, une deuxième en février 2022 (concerne les brebis vides de la lutte précédente, certaines brebis ayant eu un seul agneau en avril 2021 et d'autres brebis) et une dernière en avril 2022 (concerne en majorité des brebis ayant mis bas en avril 2021). Chacune s'étend sur environ un mois.

Les indications en dessous de la frise correspondent aux événements de l'élevage, ceux au-dessus aux événements liés à notre phase expérimentale.

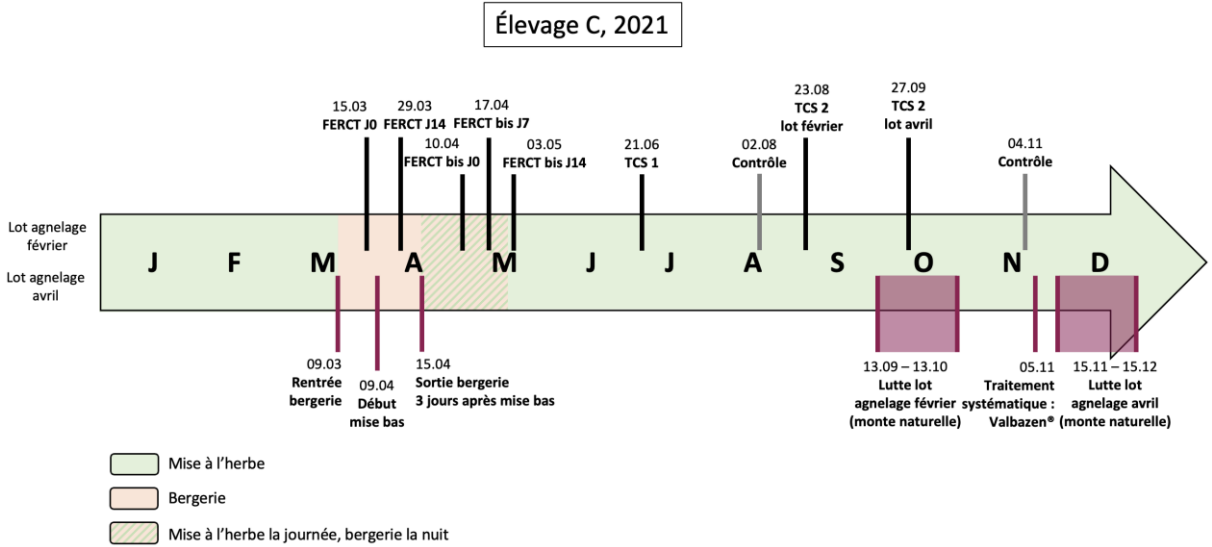


Figure 19 : Frise chronologique des événements de l'élevage C en 2021

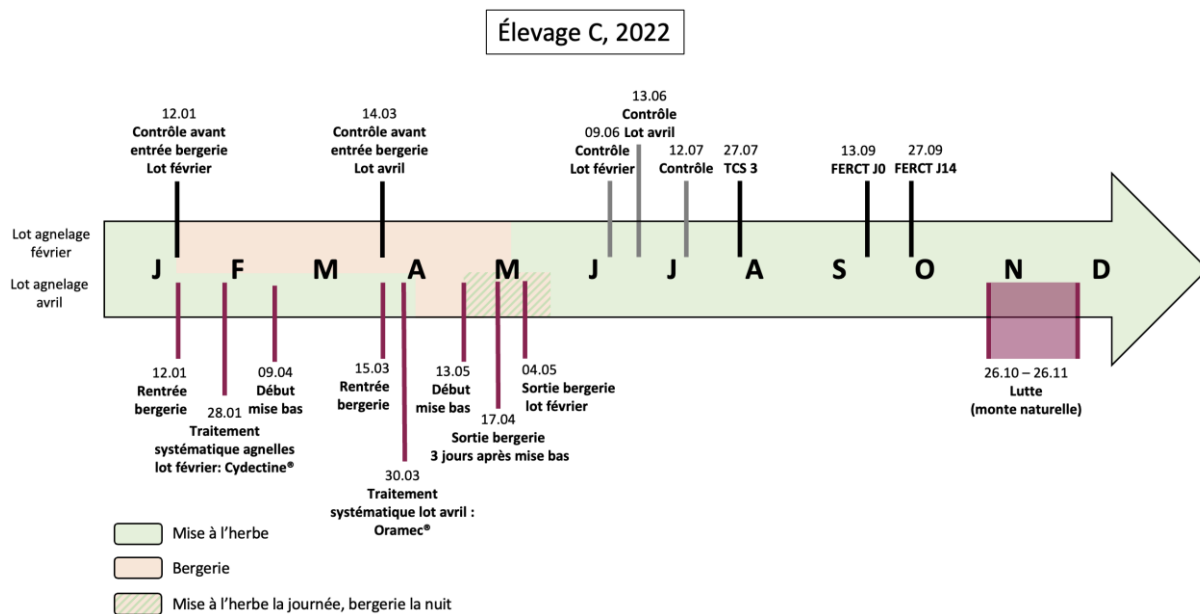


Figure 20 : Frise chronologique des événements de l'élevage C en 2022

## 2.2.2 Elevage F

L'élevage F se situe dans le Lot et est également rattaché à un lycée agricole. L'activité est répartie entre productions végétales destinées à l'alimentation des animaux et productions animales (bovins, ovins, porcins) et s'inscrit dans une démarche agro-écologique depuis quelques années (*Exploitation - Animapole*).

Cet élevage est situé à 280 mètres d'altitude et est sous l'influence d'un climat océanique plus ou moins altérée (*Le climat en France métropolitaine | Météo-France*). La figure 21 présente l'évolution des températures minimales et maximales moyennes ainsi que les précipitations cumulées mois par mois entre décembre 2020 et décembre 2022.

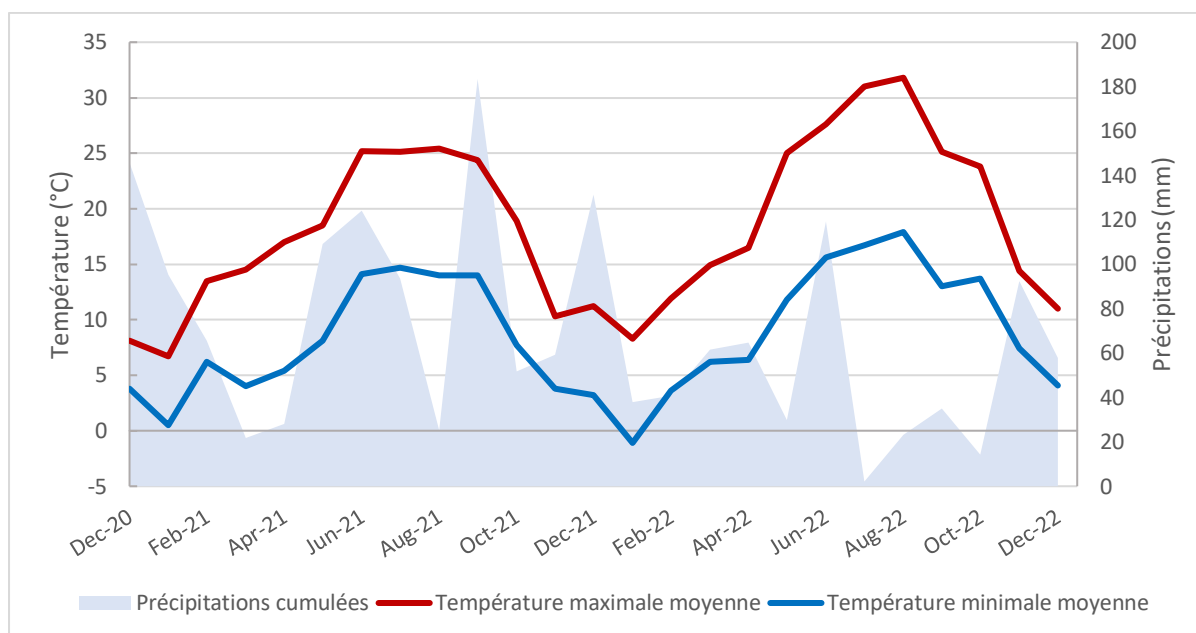


Figure 21 : Evolution de la température et de la pluviométrie à 7 km de l'élevage F entre décembre 2020 et décembre 2022, à partir des relevés Météociel®

Cette entreprise agricole embauche l'équivalent de 3 temps pleins avec un directeur d'exploitation et 2 salariés. Des stagiaires du lycée agricole sont reçus toutes les semaines. Un appui technique est réalisé par la chambre d'agriculture du département.

La ferme exploite 180 ha réparti entre plateaux de type cause, coteaux argilo-calcaires et terres de vallée limono-sableuse. L'assolement de la production végétale est répartie entre des bois pâturés (70ha), de la luzerne (12ha), des prairies temporaires et permanentes (80 ha), du maïs grain irrigué (12 ha), de l'orge (3ha) et des méteils à moissonner (3ha). Les productions animales sont réparties en 3 ateliers tous inscrits dans la démarche Label Rouge. On trouve un troupeau de 65 vaches limousines conduites en race pure pour la production de viande sous le Label Rouge Blason Prestige Limousin, une troupe de 80 truies pour la production de porcs charcutiers avec une conduite en 7 bandes et une troupe ovine de 380 brebis de race Causse du Lot pour la production d'agnelles de renouvellement F1 46 (croisement avec des béliers Ile de France) et des agneaux de boucheries répondant aux exigences du Label Agneau Fermier du Quercy. La troupe de brebis est divisée en 2 lots avec des agnelages au printemps et à l'automne. L'alimentation est basée sur le pâturage d'une Association Foncière Pastorale (*Exploitation - Animapole*). Nous avons mené notre étude sur les brebis agnelant en novembre. En effet ce lot désaisonné

comportait suffisamment d'individus et nous permettait, pour des raisons logistiques, d'avoir deux lots dans deux exploitations différentes n'agnelant pas au même moment.

Concernant la race Causse du Lot, le schéma de sélection génétique est géré par l'OS Ovilot. Ces brebis sont rustiques, se désaisonnent facilement, ont de bonnes qualités maternelles et sont prolifiques. Elles sont principalement utilisées en croisement avec des béliers Ile de France pour produire des F1 46, elles-mêmes recroisées avec des béliers Berrichon du Cher pour obtenir une génération F2 de bonne valeur bouchère (Race ovine Causse du Lot : brebis laitières du Causse du Lot). Par ailleurs, ces brebis permettent l'entretien des causses présent sur le département, maintenant ainsi la biodiversité et contribuant à la prévention du risque incendie (Chambre d'agriculture du Lot 2023).

Les figures 22 et 23 reprennent l'ensemble des manipulations et événements s'étant déroulés sur notre période expérimentale. Deux périodes d'agnelages ont eu lieu : une première en novembre 2021 et une seconde en novembre 2022.

Les indications en dessous de la frise correspondent aux événements de l'élevage, ceux au-dessus aux événements liés à notre phase expérimentale.

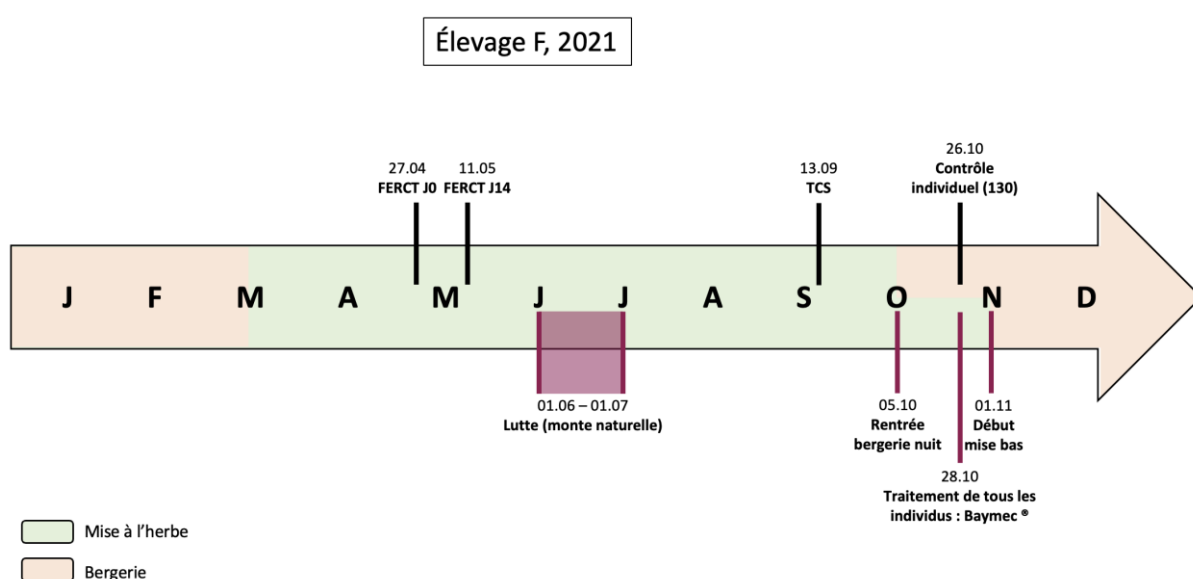


Figure 22 : Frise chronologique des événements de l'élevage F en 2021

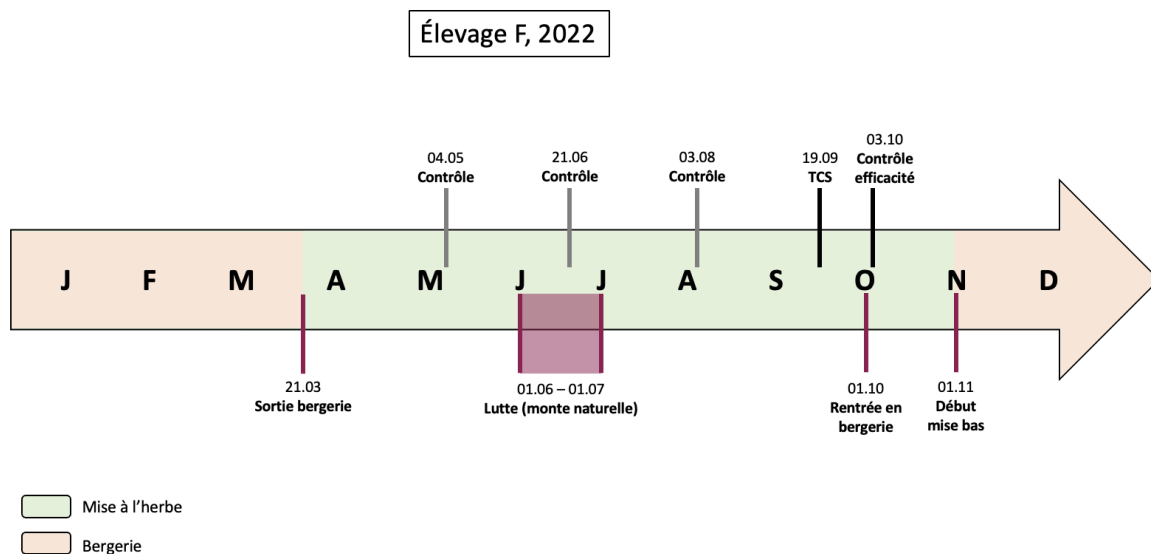


Figure 23 : Frise chronologique des évènements de l'élevage F en 2022

## 2.3 ÉVALUATION DE L'ETAT D'AVANCEE DES RESISTANCES DANS CES ELEVAGES

Dans les deux élevages, des traitements systématiques étaient entrepris avant la mise en place du traitement ciblé sélectif. Une rotation entre les différentes molécules n'a pas toujours été effectuée. Il était donc nécessaire de savoir quelles molécules étaient toujours efficaces avant d'entreprendre nos manipulations.

### 2.3.1 Constitution des lots

Dans chacun des deux élevages, des groupes de 10 à 12 brebis ont été sélectionnés aléatoirement parmi le lot inclus dans notre étude. Ces groupes comportent des animaux adultes, à l'herbe, de toute classe d'âge, n'ayant pas eu de traitement anthelminthique depuis au moins 8 semaines.

#### 2.3.1.1 Élevage C

##### 2.3.1.1.1 Test efficacité 2021

Cette manipulation a eu lieu entre le 15/03/2021 et le 29/03/2021 (figure 19, frise chronologique des évènements 2021 de l'élevage C).

Pour effectuer les groupes nous avons eu accès au poids des brebis ainsi que leur note d'état corporelle en date du 03/03/2021. Ainsi nous avons sélectionné les brebis ayant une NEC comprise entre 2,5 et 3,5 puis nous avons distribué aléatoirement les brebis dans 7 lots, tout en vérifiant l'homogénéité des âges et des NEC dans chacun d'eux. Le fait de connaître le poids de chaque brebis, nous a permis de calculer la dose à administrer à partir du poids de la brebis la plus lourde.

Les différents lots ont été traités de la manière suivante : un lot traité à la moxidectine, un deuxième lot avec du lévamisole, un troisième lot avec du monépantel, un quatrième lot avec du closantel, un cinquième avec des benzimidazoles, un sixième lot avec de l'ivermectine, puis un dernier lot contrôle non traité. Le détail des molécules utilisées ainsi que leurs posologies sont présentées dans le tableau 18 ci-dessous.

#### 2.3.1.1.2 Test d'efficacité bis 2021

A la lumière des résultats présentés au 3.2.1 de la partie 4, nous nous sommes demandé si les strongles gastro-intestinaux étaient seulement tolérants ou vraiment résistants aux anthelminthiques testés. Ainsi, 5 semaines plus tard, nous avons effectué un nouveau test d'efficacité en ne ciblant que trois familles de molécules.

De cette manière, les lots sont les suivants : un lot traité avec du lévamisole, un deuxième lot avec de la la moxidectine, un troisième lot avec de l'ivermectine et un quatrième lot témoin. Le détail des molécules utilisées ainsi que leurs posologies sont présentées dans le tableau 18 ci-dessous.

Nous avons gardé les mêmes lots, sauf pour le lot ivermectine, remplacé par le lot traité aux benzimidazoles lors du premier test.

#### 2.3.1.1.3 Test d'efficacité 2022

A la fin de note étude, soit 1 an et demi après avoir réalisé le premier test d'efficacité, nous avons voulu connaître l'état d'avancée des résistances.

Pour cela nous avons utilisé les mêmes critères que lors du premier test d'efficacité. Ainsi nous avons formé 7 lots, répartis de la manière suivante : un lot traité à la moxidectine, un deuxième lot avec du lévamisole, un troisième lot avec du monépantel, un quatrième lot avec du closantel, un cinquième avec un benzimidazole, un sixième



lot avec de l'ivermectine, puis un dernier lot témoin non traité. Le détail des molécules utilisées ainsi que leurs posologies sont présentées dans le tableau 18 ci-dessous.

Tableau 18 : Récapitulatif des produits utilisés dans l'élevage C pour les FECRT

<b>Familles d'anthelminthiques testées (doses utilisée)</b>	<b>FECRT 2021</b>	<b>FECRT 2021 bis</b>	<b>FECRT 2022</b>
<b>Benzimidazoles</b>	Panacur 2.5%® (fenbendazole, 5 mg/kg, MSD)		Valbazen®1,9% (albendazole, 5 mg/kg, Zoetis)
<b>Imidazothiazoles</b>	Lévamisole 3.75%® (7.5 mg/kg avec stop dose de 10 ml, Huvepharma)		
<b>Lactones macrocycliques - Avermectines</b>	Eprecis® injectable (éprinomectine, 0.2 mg/kg, CEVA Santé Animale)	Baymec® (ivermectine, 0,3 mg/kg, Elanco)	Oramec® injectable (ivermectine, 0.2 mg/kg, Boehringer Ingelheim animal health)
<b>Lactones macrocycliques - Milbémycines</b>	Cydectine® orale (moxidectine, 0.2 mg/kg, Zoetis)	Cydectine® orale (moxidectine , 0.3 mg/kg, Zoetis)	Cydectine® orale (moxidectine, 0.2 mg/kg, Zoetis)
<b>Salicyclanilides</b>	Seponver® (closantel, 10 mg/kg, Elanco)		Seponver® (closantel, 10 mg/kg, Elanco)
<b>Dérivés d'amino-acétonitrile</b>	Zolvix® solution buvable pour ovins (monépantel, 2.5 mg/kg, Elanco)		Zolvix® solution buvable pour ovins (monépantel, 2.5 mg/kg, Elanco)

### **2.3.1.2 Élevage F**

Concernant cet élevage, nous n'avons pas d'information sur les brebis avant notre arrivée. Les lots ont donc été constitués sur place aléatoirement, en veillant à une homogénéité concernant l'âge des brebis entre les différents lots.

#### 2.3.1.2.1 Test d'efficacité 2021

Lors du premier test d'efficacité dans cet élevage, les différents lots ont été traités de la manière suivante : un lot traité à la moxidectine, un deuxième lot avec du lévamisole, un troisième lot au monépanel, un quatrième lot avec du closantel, un cinquième avec un benzimidazole, un sixième lot avec de l'éprinomectine, puis un dernier lot contrôle non traité. Le détail des molécules utilisées ainsi que leurs posologies sont présentées dans le tableau 19 ci-dessous.

#### 2.3.1.2.2 Test d'efficacité 2022

Un an après le premier test d'efficacité, nous aurions aimé pouvoir refaire un test d'efficacité avec les molécules des cinq familles d'anthelminthiques, présentes sur le marché vétérinaire.

Pour des raisons pratiques et de conduite de troupeau nous n'avons pu tester l'efficacité que d'une seule molécule. Deux lots ont donc été constitués : un premier traité avec de l'éprinomectine et un second lot contrôle non traité.

Le détail des molécules utilisées ainsi que leurs posologies sont présentées dans le tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19 : Récapitulatif des produits utilisés dans l'élevage F pour les FECRT

Familles d'anthelminthiques testées (doses utilisée)	FECRT 2021	FECRT 2022
<b>Benzimidazoles</b>	Panacur 2.5%® (fenbendazole, 5 mg/kg, MSD)	
<b>Imidazothiazoles</b>	Lévamisole 3.75%® (7.5 mg/kg avec stop dose de 10 ml, Huvepharma)	
<b>Lactones macrocycliques - Avermectines</b>	Eprecis® injectable (éprinomectine, 0.2 mg/kg, CEVA Santé Animale)	
<b>Lactones macrocycliques - Milbémycines</b>	Cydectine® orale (moxidectine, 0.2 mg/kg, Zoetis)	
<b>Salicylanilidés</b>	Seponver® (closantel, 10 mg/kg, Elanco)	
<b>Dérivés d'amino-actonitrile</b>	Zolvix® solution buvable pour ovins (monépantel, 2.5 mg/kg, Elanco)	

### 2.3.2 Marquage, prélèvement et traitement à J0

Une fois les lots constitués, les brebis sont prises au cornadis et marquées à l'aide d'une bombe de couleur en fonction de leur lot. Des matières fécales de chaque brebis sont ensuite prélevées en intra-rectal à l'aide d'un gant à usage unique. Celles-ci sont placées dans des pots individuels et le numéro de travail de la brebis (à cinq chiffres) est noté sur le corps et le bouchon du tube de prélèvement. Afin d'effectuer correctement les analyses au laboratoire, il faudra s'assurer d'avoir au moins 5 g de matière fécale dans chaque pot individuel. Les différents pots sont ensuite triés par lot afin de faciliter la transcription des résultats, une fois l'analyse effectuée au laboratoire.

Le traitement anthelminthique correspondant au lot de la brebis, lui est administré. La dose, correspond au poids de la brebis la plus lourde du lot ou au poids de la brebis estimée la plus lourde par l'éleveur afin d'éviter les sous-dosages.

Les pots sont ensuite rapidement acheminés jusqu'au laboratoire, soit par glacière réfrigérée soit par Chronopost®. Ils sont ensuite conservés au réfrigérateur à 4 °C.

La première étape de cette manipulation est appelée J0.

### **2.3.3 Prélèvement à J14**

Quatorze jours (J14) après l'administration du traitement, des matières fécales de brebis sont de nouveau prélevées. Les marques de différentes couleurs nous permettent de retrouver aisément les brebis de chaque lot.

Dans le cas du test d'efficacité 2021 bis, des prélèvements ont également été réalisés au bout de sept jours (J7) pour le lot témoin et le lot lévamisole.

En effet pour les autres molécules, les recommandations sont de récolter les matières fécales entre 10 et 14 jours post administration du traitement (Coles et al. 1992a). Concernant le lévamisole, les recommandations sont légèrement différentes. Il a été démontré qu'en cas de suspicion de résistance au lévamisole, cela pouvait être dû à de faux positifs. En effet, cette molécule n'agit que sur les vers adultes, or comme présenté dans la partie 1, il faut minimum 7 jours pour que les larves L5 se développent en adultes. Si l'on attend J14 pour récolter les fèces on retrouvera des œufs de vers adultes issue des larves restant après le traitement. Ainsi, il est recommandé de recommencer la manipulation en effectuant des prélèvements à J0 et J7 (Taylor, Hunt, Goodyear 2002).

### **2.3.4 Analyse coprologique**

Une fois les échantillons au laboratoire, des coproscopies individuelles ou de mélange sont réalisées pour les deux manipulations, à savoir J0 et J14, et également à J7 lors que des prélèvements ont été réalisés. Ces analyses coprologiques permettent de calculer un pourcentage de réduction de l'intensité d'excrétion fécale des œufs de strongles post-traitement. Les échantillons sont ensuite placés en coproculture par lot afin de pouvoir identifier les larves L3 par la suite.

La figure 24 reprend l'ensemble des manipulations réalisées lors des tests d'efficacité.

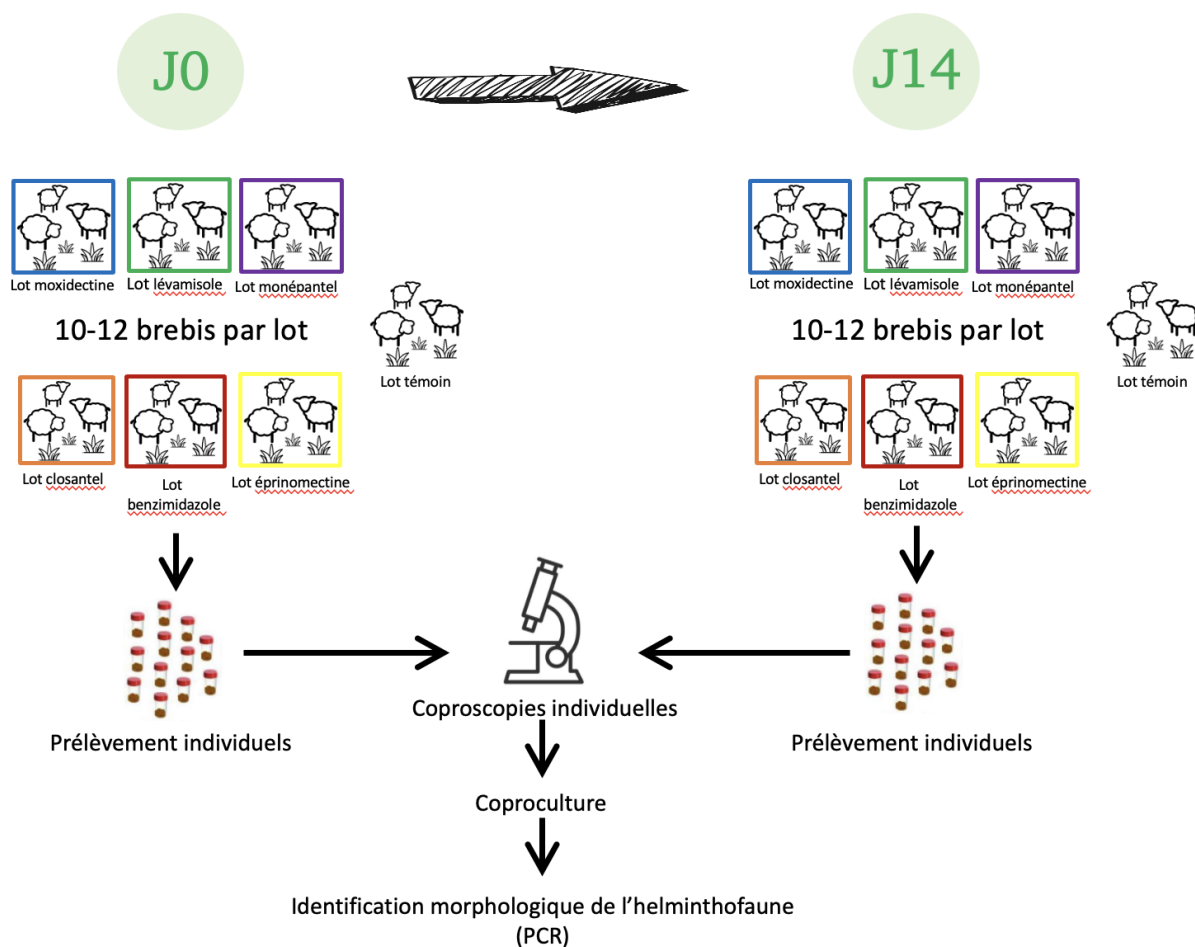


Figure 24 : Protocole expérimental d'un test d'efficacité

## 2.4 TRAITEMENT CIBLE SELECTIF EN ELEVAGE

Pour la mise en place du traitement ciblé sélectif, il était important de commencer par déterminer des critères zootechniques et cliniques faciles à utiliser pour l'éleveur, lui permettant de prendre une décision de traitement aisément. Ces critères ont pour but de cibler les individus nécessitant un traitement et de maintenir des individus non traités afin de constituer une population refuge.

L'âge des animaux a été le premier critère utilisé, il a été obtenu grâce au port de boucles d'identification millésimées. La saison de reproduction de l'année N

commence le 1<sup>er</sup> juillet de l'année N-1 et se termine le 30 juin de l'année N. Pour cette période, le numéro de travail commence par le dernier chiffre de l'année. Par exemple, une brebis née sur la saison de reproduction 2019 aura un numéro de travail de la forme 9XXXX.

#### **2.4.1 Choix des critères utilisés pour le TCS**

Les recherches bibliographiques présentées en partie 3 nous ont permis d'établir une liste non exhaustive de critères. Les critères retenus sont les suivants :

- Age : les agnelles ou les individus dans leurs premières saisons de pâture sont plus sensibles au parasitisme que les autres individus
- NEC : contrairement à ce qui a pu être décrit dans les articles, nous avons pris le parti de ne pas fixer de seuil à partir duquel la brebis est considérée comme nécessitant un traitement. L'état d'engraissement a donc été laissé à l'appréciation du berger
- Souillure de l'arrière-train : la présence de trace de diarrhée peut être d'origine parasitaire
- Production d'agneau : les brebis produisant plus d'agneaux ont une allocation des ressources plus orientée vers l'élevage des agneaux et la production de lait que sur le système immunitaire. Elles sont ainsi plus sensibles au parasitisme (Bishop, Stear 2001).
- L'état de la laine : une laine de mauvaise qualité est un indicateur souvent cité par les éleveurs, de dégradation de la santé de la brebis donc de possible parasitisme.

Les critères de NEC, de souillure de l'arrière-train ou d'état de la laine ne sont pas pathognomoniques d'une infestation par des strongles gastro-intestinaux : leurs dégradations peuvent être causées par d'autres maladies ou des problèmes zootechniques (alimentaires notamment).

Cependant ils peuvent être combinés pour un meilleur dépistage des effets d'une infestation parasitaire.

## 2.4.2 Mise en place du traitement ciblé sélectif

### 2.4.2.1 Décision de l'éleveur

Lors de la mise en place d'un TCS, les critères tel que l'âge, la présence de trace de diarrhée et la note d'état corporel sont imposés à l'éleveur. La figure 25 présente un exemple de clé dichotomique proposé à l'éleveur pour l'aider dans ces choix. Cependant, une grande latitude lui est laissée concernant l'appréciation de la NEC et la possibilité d'utilisation d'autres critères comme l'aspect de la laine, le nombre d'agneaux élevés, etc.

## Arbre décisionnel traitement ciblé sélectif

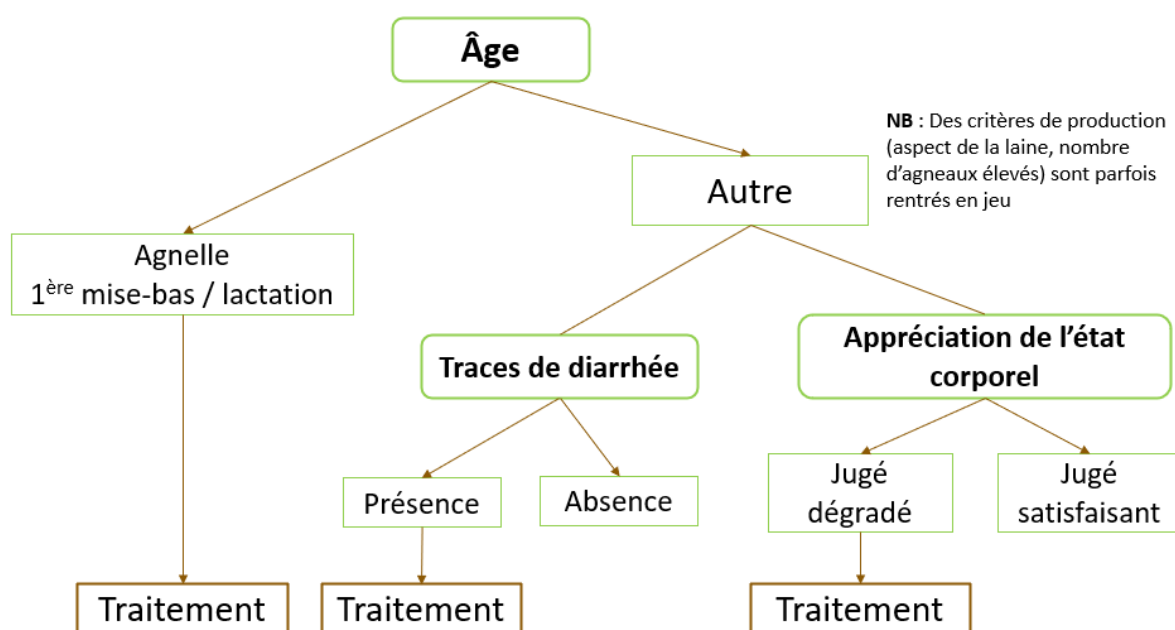


Figure 25 : Clé dichotomique aidant l'éleveur à la décision du traitement

#### 2.4.2.1.1 Élevage C

Dans ce cheptel, le choix des animaux à traiter s'est basé principalement sur l'état d'engraissement, jugé satisfaisant ou non par l'éleveur. Lorsque le traitement concordait avec une lactation en cours, le nombre d'agneaux allaités par la brebis a également été pris en compte. En effet pour une brebis allaitant deux agneaux et ayant

un état d'engraissement moyen, elle recevait un traitement. En comparaisons avec une brebis allaitant un agneau et ayant un état d'engraissement moyen, cette dernière ne recevait pas de traitement.

Lors du dernier TCS, la présence de souillure du train arrière a largement été prise en compte ce qui n'était pas le cas lors des autres TCS.

#### 2.4.2.1.2 Élevage F

Dans cet élevage, le critère principal utilisé est l'appréciation de l'état corporel, jugé satisfaisant ou non par le berger. Le critère de la laine a également été pris en compte.

#### **2.4.2.2 Traitement des brebis choisies**

Selon le choix du berger, suivant les critères cités précédemment, les brebis ont été traitées en tenant compte des tests d'efficacité effectués en amont.

Concernant l'élevage C, aucune des molécules testées ne présentait une efficacité suffisante. Les traitements ciblés sélectifs ont été faits à l'aide de monépantel, qui est la molécule présentant la meilleure efficacité dans l'élevage. La dose de Zolvix® a été déterminée par rapport au poids de la brebis la plus lourde du troupeau (80 kg de poids vif), ainsi les brebis traitées ont reçu 8 mL de Zolvix® par voie orale.

A propos de l'élevage F, les résultats des tests d'efficacité ont montré que de nombreuses familles de molécules étaient encore efficace. Ainsi, nous avons un choix plus large de molécules disponible. Pour le premier traitement ciblé sélectif, il a été choisi de traiter les brebis avec du lévamisole car il n'est pas rémanent et possède une faible écotoxicité. Nous avons ainsi administré 10 mL (stop dose) de Lévamisole 3,5%® par voie orale à chaque brebis. Pour le deuxième TCS, il a été décidé de traiter les brebis avec une avermectine car elles n'avaient pas reçu de traitement depuis environ 1 an. De plus, cette famille d'anthelminthique présente une forte écotoxicité, nous avons donc fait ce choix car elles n'allaient pas ressortir sur des pâtures. Nous



avons donc administré de l'éprinomectine (0,8 mL d'Eprecis® injectable pour un poids vif maximal de 80 kg) en sous-cutanée.

#### **2.4.2.3 Mesure et enregistrement des NEC**

Les notes d'état corporel de toutes les brebis ont ensuite été relevées par un technicien de la chambre d'agriculture de chacun des départements.

Chez les ovins adultes, l'examen consiste en une palpation en trois temps avec d'abord la « palpation du dos en arrière de la dernière côte pour sentir l'apophyse épineuse des vertèbres dorsales et évaluer leur proéminence puis la palpation de chaque côté de la colonne vertébrale afin d'évaluer le recouvrement des apophyses épineuses, ainsi que l'épaisseur des muscles sous-lombaires et enfin l'évaluation de l'épaisseur et de la forme du muscle, ainsi que sa couverture graisseuse » (3-Points-cles-sur-lEtat-Corporel-des-ovins-INT-BCTI-2020-vf.pdf [03.2020]). La grille de notation va de 0 (brebis cachectique) à 5 (brebis très grasse) avec un pas de 0,5, elle est détaillée dans l'Annexe 1.

Dans chaque élevage, les mesures ont été réalisées par le même technicien durant toute la durée de l'étude ce qui a permis une comparaison des valeurs dans le temps en limitant les variations de notation inter-opérateur. Les NEC et le numéro de travail de chaque individu sont ensuite consignés par un autre opérateur. L'équipe relevant les NEC est indépendante, l'éleveur n'a donc pas connaissance de la note d'état attribué par le technicien au moment où il décide ou non de traiter la brebis.

#### **2.4.2.4 Prélèvement de matières fécales**

Les brebis étant bloquées au cornadis, une troisième équipe travaille en parallèle pour prélever les fèces de chaque brebis. Chaque prélèvement intra-rectal est déposé dans un pot en plastique neuf où est noté au marqueur indélébile le numéro de travail de la brebis. Par la suite ces échantillons sont analysés au laboratoire pour déterminer le nombre d'œufs de strongles par gramme de matière fécale.

### **2.4.3 Coproscopies de contrôle**

Une fois un TCS réalisé, il a fallu délimiter des périodes de contrôle afin de ne pas laisser les brebis se réinfecter massivement.

Un contrôle toutes les six semaines à partir du début de la mise à l'herbe a été réalisé afin de suivre l'infestation parasitaire au cours du temps.

De plus, lors de nos recherches bibliographiques ainsi qu'en discutant avec des éleveurs nous avons identifié des périodes clés dans la conduite d'élevage des brebis. En effet, l'un des premiers points est la période de lutte car les brebis ont besoin d'allouer une grande partie de leurs ressources pour la reproduction. Par ailleurs, une brebis en mauvais état (pour des raisons zootechniques ou infectieuse) sera moins fertile. Un autre point soulevé par les éleveurs est la rentrée en bergerie juste avant mise bas. On observe à ce moment-là une baisse de l'immunité des animaux ne permettant pas toujours aux brebis de répondre suffisamment à la pression infectieuse (parasitaire, virale, bactérienne...). Cela peut ainsi conduire à des pertes de production, économiquement péjoratives pour l'éleveur.

Ainsi lors de ces deux périodes des contrôles sont également effectués

Un nouveau traitement est alors proposé lorsque les excréments fécaux sont supérieures ou égales à 500 opg ou à demande de l'éleveur.

#### **2.4.3.1 Taille et choix des échantillons**

Les échantillons pour les coproscopies de contrôle contiennent 15 individus par lot. Les lots sont constitués en fonction de l'âge (agnelles ou adulte) et de la décision de traitement lors du dernier TCS (le cas échéant). Ainsi on retrouvera au minimum deux lots, les agnelles et les multipares puis selon le dernier traitement, un lot de multipare traité et un de non traité. A certains moments, les brebis n'étaient pas toutes dans les mêmes parcelles, de cette manière nous avons fait plusieurs lots en fonction du pré, de l'âge et du précédent traitement.

Les prélèvements sont réalisés de la même manière que pour le TCS, puis sont acheminés par Chronopost® jusqu'au laboratoire de parasitologie de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse.

#### **2.4.3.2 Contrôle individuel à l'entrée en bergerie**

Environ 1 mois avant la mise bas, les brebis sont rentrées en bergerie. C'est pour nous l'occasion de réaliser des prélèvements individuels de matières fécales ainsi qu'un relevé de NEC. Lors de cette manipulation, intervient seulement le technicien pour relever les NEC et une autre équipe pour récupérer les matières fécales de chaque brebis, de la même sorte que pendant le TCS.

Les fèces sont ensuite analysées par coproscopie individuelle et mise en culture selon le millésime de la brebis.

A la lumière des résultats obtenus, un traitement d'une partie des brebis ou de tout le lot pourra être décidé.

#### **2.4.4 Valorisation des données de l'élevage**

Les deux élevages que nous avons sélectionnés utilisent le logiciel OVITEL (édité par le GIE AGRALOG), pour enregistrer les événements de leurs troupes. Cela permet d'avoir un accès commun pour toutes les données de l'élevage : agnelage, contrôle de performance, pesée, enregistrement des traitements...

L'impact de la mise en place du traitement ciblé sélectif sur les performances de reproduction des mères et de croissance des agneaux a été évaluée grâce à ce logiciel.

## **2.5 ANALYSES AU LABORATOIRE**

Plusieurs méthodes permettent de mettre en évidence et de caractériser la charge parasitaire des brebis. Dans notre étude, la coproscopie a permis de déterminer l'intensité d'excrétion fécale en œufs de strongles gastro-intestinaux des brebis.

L'identification morphologique et la qPCR, ont également été utilisées pour identifier les larves de strongles gastro-intestinaux.

Dans l'attente d'analyse, les prélèvements de matières fécales ont été conservés maximum 48h à 4°C avant d'être analysés puis mis en culture à 24°C pendant 15 jours.

### **2.5.1 Coproscopies**

Lors de chaque manipulation des coproscopies individuelles ou de mélange ont été réalisées selon la méthode de Mac Master modifiée par Raynaud présentée dans la section 3.5.1 de la partie 1.

À chaque test d'efficacité dans les deux élevages, des coproscopies de mélange ont d'abord été réalisées. A la lumière des résultats, des coproscopies individuelles ont été réalisées afin de gagner en précision et d'obtenir un nombre précis d'œuf de SGI par brebis. Cette mesure nous permet également de nous assurer que ces résultats ne sont pas dus à une brebis non traitée et de calculer des intervalles de confiances. Ainsi 10 coproscopies de mélange et 224 coproscopies individuelles ont été réalisées dans l'élevage C. Dans l'élevage F, 140 coproscopies individuelles et 2 de mélange ont été réalisées sein au laboratoire de Parasitologie de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Lors de nos traitements ciblés sélectif, seules des coproscopies individuelles ont été réalisées sur chaque brebis pour un total de 390 coproscopies individuelles dans l'élevage C et 314 dans l'élevage F.

À cela, s'ajoutent les contrôles entre les périodes de traitement ciblé sélectif. En effet toutes les six semaines des coproscopies de mélange ont été réalisées sur différents lots. Afin d'avoir un état des lieux de l'infestation parasitaire plus précis, des coproscopies individuelles ont été réalisées lors de la rentrée en bergerie concernant 130 brebis pour l'élevage F et 110 pour l'élevage C.

### **2.5.2 Coproculture et obtention des larves infestantes par lot**

À la suite de chaque analyse coproscopique, les matières fécales ont été mises en culture par lot afin que les œufs évoluent en larve L3. Environ 3 à 5 g de matière fécale de chaque individu du lot est placé dans un pot à culture. Les pots sont ensuite placés 15 jours dans une étuve à 24°C +/- 1°C, le contenu est remué et humidifié tous les deux jours. À l'issue de ces jours d'incubation, les larves infestantes L3 sont récoltées selon la méthode MAAF décrite dans la section 3.5.2 de la partie 1.

Les larves ainsi prélevées sont placées dans des tubes Falcon® de 45 mL, qui sont ensuite placés au réfrigérateur. Après sédimentation, le surnageant est enlevé, laissant environ 5mL du culot contenant les larves L3 puis les tubes sont replacés au réfrigérateur à +4°C.

Lors des tests d'efficacité, les lots sont les mêmes que pour la coprosocopie, à savoir les lots des différents traitements.

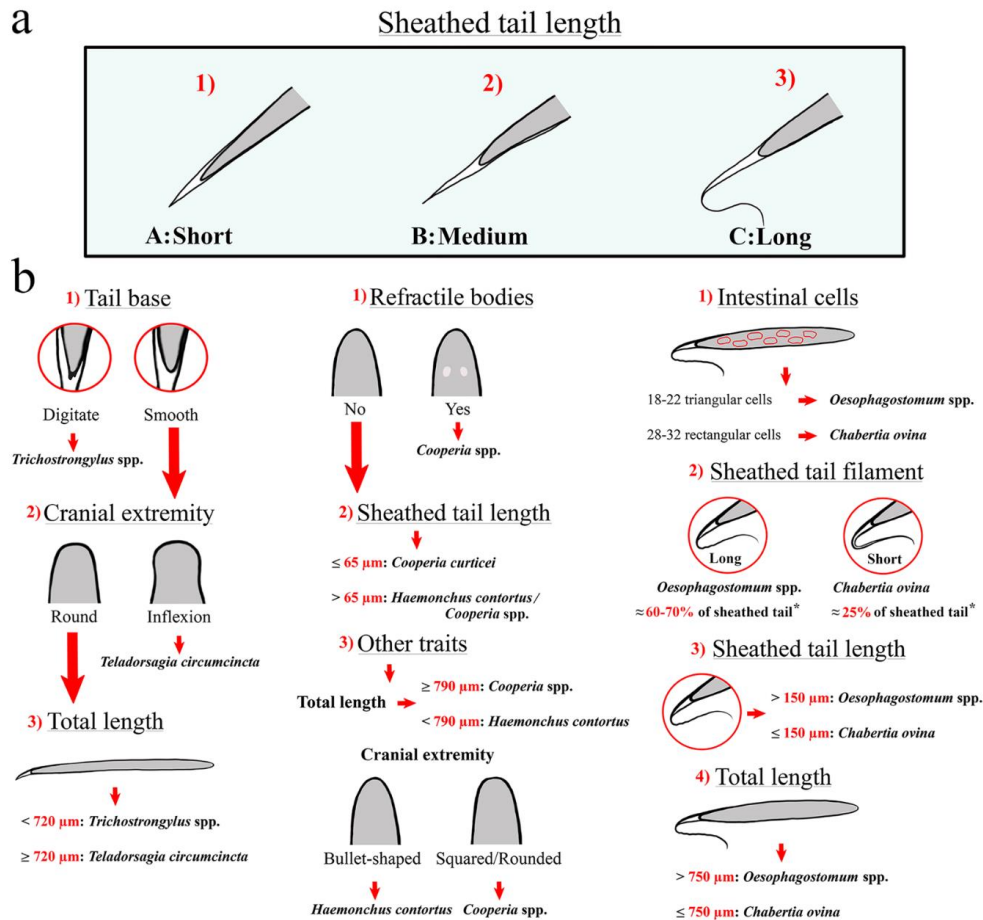
Concernant TCS et les rentrées en bergerie, les lots sont constitués par année de naissance, ceux-ci peuvent être regroupés de manière à avoir au minimum une dizaine de brebis par lot.

Cependant, pour une manipulation de TCS, les brebis étaient dans plusieurs zones de pâture, les lots de culture ont donc été regroupé par parcelle et non par année de naissance.

*In fine*, nous avons obtenus des échantillons de larves L3 de 90 lots de brebis.

### **2.5.3 Identification morphologique des larves**

Afin d'identifier les différentes espèces présentes initialement et au cours de notre étude, une identification des larves a été réalisée suivant la clé de diagnose de Knoll et al. (2021) présentée en figure 26.



**Fig. 3** Decision tree for the microscopic identification of the infectious larvae of the common ovine gastrointestinal nematodes (GIN). **a** Preliminary classification based on sheathed tail length, **b** secondary classification (within each respective sheathed tail group: A, B, C) based on additional morphological and morphometric characteristics. \*Approximative proportion of the sheathed tail that is filamentous [13]

Figure 26 : Clé de diagnose utilisée pour l'identification morphologique des larves de strongles gastro-intestinaux (Knoll et al. 2021)

Un à deux volumes de 40  $\mu\text{l}$  du culot contenant les larves L3 sont déposés sur une lame et recouvert par une lamelle. De manière à immobiliser les larves et faciliter la lecture, une allumette est placée sous la lame pendant quelques secondes ce qui permet de les fixer. Ensuite, les larves sont observées en considérant dans un premier temps la longueur de la queue de gaine. Cela permet de dichotomiser trois groupes : queue de gaine courte, queue de gaine moyenne et queue de gaine longue, correspondant respectivement aux espèces suivantes : *Teladorsagia circumcincta* ou *Trichostrongylus* spp, *Haemonchus contortus* ou *Cooperia* spp et enfin *Oesophagostomum* spp ou *Chabertia* spp. Selon le groupe, nous regardons également la longueur totale de la larve, la forme des cellules intestinales ou encore la longueur du filament (figure 27).

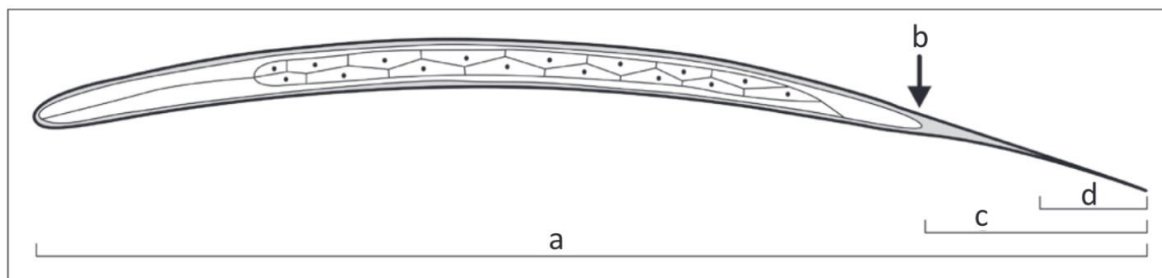


Figure 27 : Schéma d'une larve de nématode (a = longueur totale, b = extrémité caudale, c = extension caudale de la gaine, d = filament) (van Wyk, Mayhew 2013)

Un microscope de la marque Zeiss a été utilisé ainsi que le logiciel Zeiss - Zen qui permet de prendre des mesures précises. Toutefois une grande expertise est nécessaire afin de limiter les erreurs. Cette tâche a donc été confiée à un parasitologue expérimenté.

Tous les échantillons obtenus après culture ont été analysés, à l'exception des lots issus du traitement ciblé sélectif du mois de septembre 2021 dans l'élevage F et celui du mois d'août 2021 de l'élevage C où l'ADN des larves a été extrait et les tubes ont été jetés.

#### 2.5.4 PCR quantitative en temps réel

Pour certains lots, des PCR en temps réel ont pu être réalisées au sein du laboratoire de parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. Il s'agit des FECRT 2021 et 2021 bis et du premier TCS de l'élevage C. Les matières fécales restantes après réalisation des coproscopies sont mises en culture à 24 +/- 1°C pendant 10 à 15 jours et les larves L3 sont ensuite récoltées et stockées à 4°C.

Suite à des problèmes techniques, les autres lots n'ont pas pu être analysés en qPCR.

### **2.5.4.1 Extraction de l'ADN**

L'extraction de l'ADN des larves L3 a été réalisée à l'aide du kit DNeasy Power Soil (QIAGEN), en suivant le protocole du fabricant. Puis les échantillons ont été conservés au congélateur à -20°C jusqu'au moment de la PCR.

### **2.5.4.2 Caractérisation de la réaction PCR**

L'analyse des ADN présents dans nos échantillons a été réalisée selon une méthode de PCR en temps réel (qPCR) utilisant la sonde Taqman, dont le principe a été décrit en section 3.5.4 de la partie 1. Les réactions PCR sont toutes effectuées en simplex, c'est-à-dire qu'un seul type d'amorce et de sonde spécifique d'une des trois espèces de strongles est mis en présence d'un échantillon d'ADN dans un puits. Ainsi dans chaque puits a lieu l'amplification d'une séquence d'ADN spécifique d'une des trois espèces de strongles. Cela évite les hybridations non spécifiques et les compétitions entre les amorces et les sondes des différentes espèces.

Chaque puits contient 2,5 µL d'ADN matrice à amplifier ainsi que 17,5 µL de mix. Le mix contient 10 µL de Master Mix, 5,5 µL d'eau BSA, 0,5 µL d'amorce F (10 µM), 0,5 µL d'amorce R ou NCR (10 µM) et 1 µL de sonde P (2 µM).

- Le Master Mix (Quantinova Probe PCR Master Mix, QIAGEN) est une solution commerciale contenant les réactifs nécessaires à la qPCR : la Taq\_polymérase, des dNTP (nucléotides), des ions magnésium Mg<sup>2+</sup> (co- facteur de la Taq-polymerase), et une solution tampon.
- L'amorce F (forward) se fixe au début de la séquence qui va être amplifiée. C'est un oligonucléotide composé de 20-25 paires de base environ, spécifique à chaque espèce et synthétisé par le laboratoire Eurogentec.
- L'amorce NCR est commune aux 3 espèces de strongles. C'est l'amorce reverse, celle-ci se fixant à la fin de la séquence que l'on souhaite amplifier.
- La sonde P est aussi un oligonucléotide d'environ 30 paires de base qui est complémentaire à une séquence spécifique contenue dans la séquence amplifiée par le couple d'amorce. Chaque espèce ciblée a sa propre sonde. Elle est composée d'un fluorochrome et d'un inhibiteur. Durant la phase d'amplification, la polymérase hydrolyse la sonde, ce qui est à l'origine de l'émission de la fluorescence. Elle est également synthétisée par Eurogentec.



- L'eau BSA (Bovine Serum Albumin) est une solution qui permet de diminuer les effets des inhibiteurs de PCR et de favoriser les amplifications des séquences ciblées.

Le thermocycleur utilisé est le Mx3005P (Agilent Technology, La Jolla, CA, USA). Les différentes étapes des cycles d'amplification sont : une dénaturation initiale à 95°C pendant 2 minutes (permettant l'activation de la Taqpolymérase), puis 45 cycles constitués chacun de 30 secondes à 95°C (pour la dénaturation des brins d'ADN) et 1 minute à 53°C permettant l'amplification de l'ADN (température optimale d'hybridation des amorces et sondes).

Les résultats sont ensuite analysés à l'aide du logiciel MxPro QPCR v4.10 software (Agilent Technologies, La Jolla, CA, USA).

La figure 28 représente un plan de plaque utilisé lors de manipulation de qPCR. Une plaque contient 96 puits, chaque échantillon analysé est déposé deux fois pour chaque amorce afin de prévenir les erreurs liées à une éventuelle contamination de l'échantillon. Pour chaque espèce de strongles, une gamme étalon est réalisée, ce qui correspond aux colonnes 7 à 12. Ainsi pour une plaque de 96 puits seulement 8 échantillons peuvent être analysés.

	HC		Tela		Tricho		HC		Tela		Tricho		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Charolles Témoin J0	Charolles Témoin J0	Charolles Témoin J0	Charolles Témoin J0	Charolles Témoin J0	Charolles Témoin J0	Charolles Témoin J0	100 000 L3	100 000 L3	100 000 L3	100 000 L3	100 000 L3	100 000 L3	A
Charolles Témoin J14	Charolles Témoin J14	Charolles Témoin J14	Charolles Témoin J14	Charolles Témoin J14	Charolles Témoin J14	Charolles Témoin J14	50 000 L3	50 000 L3	50 000 L3	50 000 L3	50 000 L3	50 000 L3	B
Charolles Cydectine J14	Charolles Cydectine J14	Charolles Cydectine J14	Charolles Cydectine J14	Charolles Cydectine J14	Charolles Cydectine J14	Charolles Cydectine J14	5000 L3	5000 L3	5000 L3	5000 L3	5000 L3	5000 L3	C
Charolles Baymec J14	Charolles Baymec J14	Charolles Baymec J14	Charolles Baymec J14	Charolles Baymec J14	Charolles Baymec J14	Charolles Baymec J14	500 L3	500 L3	500 L3	500 L3	500 L3	500 L3	D
TCS Charolles 7 000	TCS Charolles 7 000	TCS Charolles 7 000	TCS Charolles 7 000	TCS Charolles 7 000	TCS Charolles 7 000	TCS Charolles 7 000	50 L3	50 L3	50 L3	50 L3	50 L3	50 L3	E
TCS Charolles 8 000	TCS Charolles 8 000	TCS Charolles 8 000	TCS Charolles 8 000	TCS Charolles 8 000	TCS Charolles 8 000	TCS Charolles 8 000	5 L3	5 L3	5 L3	5 L3	5 L3	5 L3	F
TCS Charolles 9 000	TCS Charolles 9 000	TCS Charolles 9 000	TCS Charolles 9 000	TCS Charolles 9 000	TCS Charolles 9 000	TCS Charolles 9 000	TNEG	TNEG	TNEG	TNEG	TNEG	TNEG	G
TCS Charolles Agnelles	TCS Charolles Agnelles	TCS Charolles Agnelles	TCS Charolles Agnelles	TCS Charolles Agnelles	TCS Charolles Agnelles	TCS Charolles Agnelles	TEXT TCS	TEXT TCS	TEXT TCS	TEXT TCS	TEXT TCS	TEXT TCS	H

Figure 28 : Exemple de plan de plaque utilisé pour la réalisation d'une qPCR. Légende : TEXT : témoin d'extraction, TNEG : témoin négatif qui ne contient pas d'ADN

### 2.5.4.3 Réalisation d'une courbe étalon à partir de la gamme de plasmide

Sur les 96 puits comportant la plaque, 48 sont dédiés à la gamme étalon et cela pour chaque plaque. Cette gamme étalon permet de convertir la fluorescence émise par la sonde Taqman en nombre de larve de l'espèce recherchée. On obtient alors trois courbes étalons, une pour chaque espèce ciblée. La gamme étalon est réalisée avec un plasmide contenant les séquences cibles des trois espèces de strongles. Il est

synthétisé par Eurogenec puis insérer dans des bactéries *E. coli* DH5 $\alpha$  transformées et mises en culture pour son amplification.

Puis les plasmides sont extraits et purifiés grâce au kit Nucleospin Plasmid (Machery-Nagel) en suivant le protocole du fabricant. L'ADN plasmidique est ensuite dosé au Multiskan Go  $\mu$ DropPlate (ThermoFischer Scientist) avant d'être dilué en série jusqu'à obtenir des concentrations ADN plasmidiques équivalentes à 500, 250, 125, 62, 31 et 7,5 larves pour constituer la gamme étalon de chaque plaque.

La courbe étalon correspond aux différents couples Ct/nombre de larves, pour une espèce donnée. Le Ct (cycle threshold) est le cycle au-dessus duquel le thermocycleur capte la fluorescence, la distinguant du bruit de fond. Le Ct est donc le nombre de cycles nécessaires pour la détection de la fluorescence spécifique par l'appareil et est grandement influencé par la quantité d'ADN cible présente au départ. En effet, plus la quantité d'ADN est importante, plus le nombre de cycles nécessaires sera faible. Avec les différents Ct obtenus pour les différentes quantités d'ADN, une courbe étalon est défini pour chaque espèce et est représentée par une droite. L'équation de la droite obtenue est de la forme  $ax+b$ . La pente de la droite sera notée  $p$ . Pour chaque réaction, le logiciel nous donne un Ct que l'on notera  $C_{\text{techantillon}}$ . La formule suivante nous permet de retrouver le nombre de larves d'une espèce donnée présente initialement.

*Équation 4: Calcul du nombre de larves présentes selon la méthode PCR*

$$\text{Nombre de larves} = 10^{\frac{C_{\text{techantillon}} - b}{a}}$$

L'efficacité de la PCR représente le nombre d'amplification par cycle de la séquence cible. Elle doit être comprise entre 80 et 120% et est calculée selon l'équation suivante :

*Équation 5: Calcul de l'efficacité de la PCR*

$$\text{Efficacité PCR (\%)} = 10^{\left(\frac{1}{p}\right)}$$

## 2.6 METHODES D'ANALYSES DES RESULTATS

### 2.6.1 Calcul du FECRT

Avant de réaliser notre protocole de traitement ciblé sélectif, un des premiers points a été de déterminer l'efficacité des anthelminthiques présents sur le marché vétérinaire dans les deux élevages. Pour cela nous avons calculé le pourcentage de réduction fécale en œufs de strongles (Faecal Egg Count Reduction, FECR). Nous avons utilisé la formule de calcul du FECR selon les recommandations de la WAAVP décrite dans la partie 2 section 6. Cette formule compare le nombre d'œufs moyen retrouvé dans les matières fécales du lot traité à J14 ( $\overline{X}_t$ ) par rapport au lot témoin à J14 ( $\overline{X}_c$ ) :

*Équation 6 : Calcul du FECR selon (Coles et al. 1992b)*

$$FECR (\%) = 100 \times \left[ 1 - \left( \frac{\overline{X}_t}{\overline{X}_c} \right) \right]$$

### 2.6.2 Analyses statistiques descriptives

Les données ont été initialement saisies à l'aide du logiciel Microsoft® Excel pour Microsoft 365 (Version 16.69). Les statistiques descriptives issues des TCS ainsi que des contrôles ont été obtenues grâce au logiciel R-4.2.2 et son interface de RStudio. Pour réaliser les différents graphiques et statistiques, plusieurs packages ont été utilisés ainsi qu'une fonction d'analyse de sensibilité et spécificité créée par le Pr Fabien Corbière (ENVT). Les statistiques descriptives ont été réalisées par élevage et chaque TCS a été analysé individuellement.

#### 2.6.2.1 Packages de manipulation des données

- Package *readxl* : permet d'importer des fichiers Excel (.xls) dans R

- Package *tidyverse* : ensemble de packages R qui sont conçus pour fonctionner ensemble sous une grammaire commune et aident dans la manipulation des données
- Package *dplyr* : extension facilitant le traitement et la manipulation de données contenues dans une ou plusieurs tables ou data frame.

### **2.6.2.2 Packages graphiques**

- Package *ggplot2* : package de visualisation des données sous forme graphique le plus utilisé dans cette étude
- Package *qqplotr* : package complémentaire à *ggplot2* permettant le dessin de points, de lignes et de bandes de confiance quantile-quantile (QQ) et probabilité-probabilité (PP)
- Package *ggpubr* : package complémentaire à *ggplot2*, il fournit des fonctions faciles à utiliser pour créer et personnaliser des tracés prêts pour la publication
- Package *corrplot* : permet l'affichage graphique d'une matrice de corrélation avec intervalle de confiance.
- Package *ggcorplot* : permet de visualiser facilement une matrice de corrélation à l'aide de *ggplot2*. Il fournit une solution pour réordonner la matrice de corrélation et affiche le niveau de signification sur le corrélogramme. Il comprend également une fonction permettant de calculer une matrice de p-values de corrélation.
- Package *esquisse* : permet d'explorer interactivement des données en les visualisant avec le package *ggplot2*, de dessiner des diagrammes à barres, des courbes, des diagrammes de dispersion, des histogrammes, des boxplot et des objets *sf*, puis d'exporter le graphique ou de récupérer le code pour reproduire le graphique.

### **2.6.2.3 Packages de tests statistiques**

- Package *PCMCPlus* : package contenant les tests statistiques non paramétriques de Wilcoxon et de Kruskal-Wallis, alternative aux ANOVAs, permettant les calculs de différences significatives entre deux groupes à répartition non normale. Ce package contient également les fonctions post-

hoc.nemenyi qui permettent de distinguer quels groupes sont significativement différents parmi un ensemble de groupes,

- Package *multcompView* : permet la conversion des données en une matrice de corrélation identifiant les paires pour lesquelles les différences ne sont pas significatives ou pour lesquelles la différence dépasse le seuil de significativité.
- Package *pROC* : outils de visualisation, de lissage et de comparaison des courbes ROC (receiver operating characteristic). L'aire (partielle) sous la courbe (AUC) peut être comparée à l'aide de tests statistiques basés sur la statistique U ou le bootstrap. Des intervalles de confiance peuvent être calculés pour les (p)AUC ou les courbes ROC.
- Package *epitools* : outils pour la formation et la pratique des épidémiologistes, y compris des méthodes pour les tableaux de contingence à deux et à plusieurs voies.

#### **2.6.2.4 Fonction d'étude de la sensibilité et la spécificité**

La fonction d'étude de sensibilité et spécificité donne une courbe ROC. Cette courbe représente la sensibilité en fonction de l'antispécificité ( $1 - Sp$ ). Chaque valeur d'opg est considérée comme un seuil et la sensibilité et la spécificité sont calculés. De plus l'aire sous la courbe est calculée. Plus elle est grande et plus le test utilisé se rapproche du test idéal.

A cela s'ajoute l'évaluation de l'indice de Youden :

*Équation 7 : Calcul de l'indice de Youden*

$$J = Se + Sp - 1$$

Cet indice permet de choisir un seuil de décision donnant autant d'importance aux faux négatifs et aux faux positifs.

On a aussi le carré de la distance,  $d^2$ , qui évalue la distance entre un point de la courbe ROC et le point supérieur gauche ( $Se = 1, Sp = 1$ ) :

*Équation 8 : Calcul de  $d^2$*

$$d^2 = (1 - Se)^2 + (1 - Sp)^2$$

Un poids différent est alors donné à la sensibilité et la spécificité.

## 3 RESULTATS

---

### 3.1 ÉVALUATION DES RESISTANCES

Au cours de la première partie de notre projet, nous avons commencé par définir le statut des différents élevages par rapport à l'efficacité des molécules utilisées par la suite. Trois tests de réduction d'excrétion fécale des œufs ont été réalisés pour l'élevage C, et deux pour l'élevage F sachant que le deuxième test, pour des raisons pratiques, ne comporte qu'une molécule.

#### 3.1.1 Élevage C

##### 3.1.1.1 FECRT 2021

Le tableau 20 présente les résultats du FECRT 2021 de l'élevage C. Lors de ce test des coproscopies de mélange ont été réalisées, il n'a donc pas été possible de calculer les intervalles de confiance à 95% selon Coles et al. 1992a.

Tableau 20: Pourcentage de réduction d'excrétion fécale de l'élevage C en 2021. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge)

	Pourcentage de réduction d'excrétion fécale (FECR) (Coles et al. 1992a)
<b>Benzimidazole</b>	<b>-33 %</b>
<b>Imidazothiazoles – Lévamisole</b>	<b>-183 %</b>
<b>Lactones macrocycliques - Avermectines</b>	<b>-64%</b>
<b>Lactones macrocycliques - Milbémycines</b>	<b>5,5 %</b>
<b>Salicylanilides – Closantel</b>	<b>-300 %</b>
<b>Dérivés d'amino-acétonitrile - Monépantel</b>	<b>77 %</b>

Lors de notre premier test de résistance, on peut voir qu'aucune des molécules testées n'a un pourcentage de réduction fécale au-dessus de 95%. Certains pourcentages de réduction sont même inférieurs à 0, ce qui révèle une efficacité effondrée des anthelminthiques dans cet élevage. Celui-ci semble donc héberger une souche de SGI multirésistante à la totalité des anthelminthiques.

Lors de l'identification morphologique (tableau 21), à J0, un seul groupe était présent, celui regroupant *Teladorsagia circumcincta* et les *Trichostrongylus spp*. A J14, lorsque l'on regarde les espèces identifiées, on remarque qu'il y a un mélange des deux espèces sauf pour deux lots où *T. circumcincta* semble majoritaire.

Les résultats du test d'efficacité sont à nuancer pour le closantel. En effet son spectre ne vise que les strongles hématophages, lors de l'identification morphologique, aucun *H. contortus* n'est retrouvé.

Tableau 21 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FECRT 2021 de l'élevage C

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaires</b>
<b>FECRT 2021</b>	Témoin J0	Mélange de <i>T. circumcincta</i> et <i>Trichostrongylus spp</i>
	Ivermectine J0	
	Moxidectine J0	
	Closantel J0	Seulement deux larves visibles
	Autres lots à J0	Absence de larves L3
	Témoin J14	Mélange de <i>T. circumcincta</i> et <i>Trichostrongylus spp</i>
	Ivermectine J14	
	Benzimidazoles J14	
	Closantel J14	
	Moxidectine J14	<i>T. circumcincta</i>
	Monépantel J14	
	Lévamisole J14	

Le tableau 22 présente les différentes proportions de SGI identifiées grâce à la qPCR. On remarque que ce test d'efficacité a été réalisé sur une helminthofaune composée uniquement de *T. circumcincta* à J0 et qui est restée stable chez les brebis du lot témoin. On note également la présence de *T. circumcincta* à J14 pour toutes les molécules testées et celle de *T. colubriformis* pour les lots traités avec du fenbendazole, de l'éprinomectine et du closantel.

Concernant cette dernière molécule, la présence de strongles non hématophages à J14 est normale car ils n'entrent pas dans son spectre.

En revanche, nous sommes en présence d'une souche de *T. circumcincta* multirésistante au fenbendazole, au lévamisole, à l'éprinomectine et à la moxidectine. Concernant le monépantel, il n'avait jamais été utilisé dans l'élevage jusqu'alors. De plus seulement trois brebis parmi le lot de 12, excrétaient des oeufs de SGI. On peut donc suspecter soit un défaut d'application du traitement chez ces dernières ou alors l'acquisition de mécanismes de résistance permettant aussi de l'être au monépantel.

Enfin, il est délicat de conclure quant à l'existence d'une résistance de la souche de *T. colubriformis* étant donné qu'elle n'est pas présente à J0 dans le lot témoin. L'analyse qPCR des autres lots à J0 aurait permis de s'en assurer.



Tableau 22 : Résultat qPCR du FECRT 2021 de l'élevage C

<b>Échantillon</b>	<b>Proportion <i>Haemonchus contortus</i></b>	<b>Proportion <i>Teladorsagia circumcincta</i></b>	<b>Proportion <i>Trichostrongylus colubriformis</i></b>	<b>Total</b>
<b>J0 témoin</b>	0,0 %	<b>100,0 %</b>	0,0 %	100,0 %
<b>J14 témoin</b>	0,0 %	<b>100,0 %</b>	0,0 %	100,0 %
<b>J14 lévamisole</b>	0,0 %	<b>100,0 %</b>	0,0 %	100,0 %
<b>J14 fenbendazole</b>	0,0 %	<b>16,2 %</b>	<b>83,8 %</b>	100,0 %
<b>J14 éprinomectine</b>	0,0 %	<b>35,1 %</b>	<b>64,9 %</b>	100,0 %
<b>J14 moxidectine</b>	0,0 %	<b>100,0 %</b>	0,0 %	100,0 %
<b>J14 closantel</b>	0,0 %	<b>34,8 %</b>	<b>65,2 %</b>	100,0 %
<b>J14 monépanTEL</b>	0,0 %	<b>100,0 %</b>	0,0 %	100,0 %

### 3.1.1.2 FECRT 2021 bis

Le tableau 23 présente les résultats du FECRT bis de l'élevage C.

Tableau 23 : Pourcentage de réduction d'excrétion fécale de l'élevage C 2021 bis. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge)

	<b>Pourcentage de réduction d'excrétion fécale (FEER) [IC 95%] (Coles et al. 1992a)</b>
<b>Imidazothiazoles - Lévamisole</b>	<b>0 %</b>
	[-100 ; 50]
<b>Lactones macrocycliques - Avermectines</b>	<b>-21 %</b>
	[-184 ; 48]
<b>Lactones macrocycliques - Milbémycines</b>	<b>35 %</b>
	[-41 ; 70]

A lumière des résultats du FECRT 2021, nous avons voulu savoir si la souche de *T. circumcincta* était bien résistante ou seulement tolérante aux différentes molécules. Nous avons donc choisi de tester à nouveau le lévamisole, la moxidectine et l'ivermectine. Prenant en compte le fait que la résistance au fenbendazole est très répandue, que le closantel n'est pas actif sur les SGI non hématophages et que le monépanтел n'a jamais été utilisé auparavant.

Celui-ci, présente des résultats similaires au premier, avec des pourcentages de réduction bien inférieur à 95%. L'élevage C, au cours du FEER de l'année 2021, présente bien une multirésistance à la totalité des familles d'anthelminthiques présent sur le marché vétérinaire.

L'identification des principales espèces présentes a été réalisée (tableau 24). Il ne semble pas y avoir de différence puisqu'une seule catégorie de larves est présente, sauf pour le lot témoin à J14 où on retrouve une autre catégorie, celles *Oesophagostomum venulosum* et *Charbertia ovina*. Si l'on s'intéresse aux espèces majoritaires, *T. circumcincta* semble largement prédominer. Nous faisons face à une population de *T. circumcincta* multirésistante.

Tableau 24 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FECRT bis 2021 de l'élevage C

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaires</b>
<b>FERCT bis 2021</b>	Témoin J0	<i>T. circumcincta</i>
	Ivermectine J0	
	Moxidectine J0	
	Lévamisole J0	
	Témoin J7	Trop peu de larves L3
	Lévamisole J7	<i>T. circumcincta</i>
	Témoin J14	<i>T. circumcincta</i> et <i>Oesophagostomum venulosum</i>
	Ivermectine J14	<i>T. circumcincta</i>
	Moxidectine J14	

Le tableau 25 présente les différentes proportions de SGI identifiées grâce à la qPCR. On remarque que ce test d'efficacité a été réalisé sur une helminthofaune plus variée avec la présence des trois espèces de SGI principales, bien que *H. contortus* soit en plus petite proportion.

Après traitement, on ne retrouve *H. contortus* dans aucun des lots. *T. colubriformis* est quant à lui retrouvé seulement pour le lot lévamisole. Il n'était pas présent lors de l'identification morphologique des larves, cela est sûrement dû au fait que le pourcentage de *T. colubriformis* identifié à la qPCR est faible. Nous avons donc mis en évidence une souche de *T. colubriformis* résistante au lévamisole. Enfin, *T. circumcincta* est encore présente après traitement dans les trois lots : cette souche est donc multirésistante au lévamisole, à la moxidectine et à l'ivermectine.

Tableau 25 : Résultats qPCR du FECRT 2021 bis de l'élevage C

<b>Échantillon</b>	<b>Proportion <i>Hæmonchus</i> <i>contortus</i></b>	<b>Proportion <i>Teladorsagia</i> <i>circumcincta</i></b>	<b>Proportion <i>Trichostrongylus</i> <i>colubriformis</i></b>	<b>Total</b>
<b>J0 témoin (1)</b>	6,4 %	54,7 %	38,9 %	100,0 %
<b>J0 témoin (2)</b>	5,4 %	54,8 %	39,8 %	100,0 %
<b>J0 lévamisole</b>	0,3 %	96,5 %	3,3 %	100,0 %
<b>J0 moxidectine</b>	7,8 %	92,2 %	0,0 %	100,0 %
<b>J0 ivermectine</b>	0,4 %	46,3 %	53,3 %	100,0 %
<b>J7 témoin</b>	2,6 %	96,1 %	1,3 %	100,0 %
<b>J7 lévamisole</b>	0,0 %	90,0 %	10,0 %	100,0 %
<b>J14 témoin</b>	0,0 %	81,6 %	18,4 %	100,0 %
<b>J14 moxidectine</b>	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %
<b>J14 ivermectine</b>	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %

### 3.1.1.3 FECRT 2022

Le tableau 26 présente les résultats du FECRT bis de l'élevage C.

Tableau 26 : Pourcentage de réduction d'excrétion fécale de l'élevage C 2022. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge)

	<b>Pourcentage de réduction d'excrétion fécale (FECR) [IC 95%] (Coles et al. 1992a)</b>
<b>Benzimidazole</b>	<b>57 %</b>
	[-20 ; 84]
<b>Imidazothiazoles - Lévamisole</b>	<b>68 %</b>
	[14 ; 88]
<b>Lactones macrocycliques - Avermectines</b>	<b>95 %</b>
	[70 ; 99]
<b>Lactones macrocycliques - Milbémycines</b>	<b>96 %</b>
	[80 ; 99]
<b>Salicylanilides - Closantel</b>	<b>53 %</b>
	[-46 ; 85]
<b>Dérivés d'amino-acétonitrile - Monépantel</b>	<b>100 %</b>
	[100]

Les résultats pour l'année 2022, sont légèrement différents que ceux de l'année précédente, puisque le monépantel présente un pourcentage de réduction des œufs de 100% ainsi les strongles gastro-intestinaux sont donc considérés comme sensible vis-à-vis de cette molécule. Concernant la famille des lactones macrocycliques, le pourcentage de réduction des œufs est supérieur à 95%, mais la borne inférieure de l'intervalle de confiance est inférieure à 90%. Cela nous amène à penser que les strongles gastro-intestinaux présentent toujours une résistance face à ces deux familles de molécule, quand bien même, ce pourcentage de réduction est nettement supérieur à l'année précédente. À propos des imidazothiazoles, des salicylanilides et des benzimidazoles, le pourcentage de réduction d'excrétion fécale est toujours inférieur à 95%, les strongles gastro-intestinaux sont donc toujours résistants à ces molécules.

Cependant, lorsqu'on procède à l'identification morphologique (tableau 27), le test d'efficacité est réalisé avec une helminthofaune plus variée. En effet, les FECRT de 2021 ont été effectués uniquement sur une population de *T. circumcincta* et des *Trichostrongylus spp.* alors qu'en 2022, nous avons une plus grande diversité d'espèce avec la présence de *H. contortus* et *Cooperia spp.*, ce qui peut expliquer les résultats légèrement différents.

Tableau 27 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FECRT 2022 de l'élevage C

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaires</b>
<b>FERCT 2022</b>	Témoin J0	Mélange de <i>T. circumcincta</i> et <i>Trichostrongylus spp</i>
	Lévamisole J0	
	Témoin J14	<i>T. circumcincta</i>
	Closantel J14	
	Moxidectine J14	
	Lévamisole J14	
	Albendazole J14	Mélange <i>T. circumcincta</i> et <i>H. contortus</i>
	Ivermectine J14	

#### **3.1.1.4 Bilan**

Un an et demi après avoir réalisé le premier test d'efficacité, nous l'avons renouvelé. Concernant l'efficacité des anthelminthiques, au début de notre étude, aucune des molécules anthelminthiques ne présentait une efficacité convenable. Au deuxième test d'efficacité, le monépanstel présente une efficacité de 100%. Les deux familles de lactones macrocycliques présentent elles aussi une meilleure efficacité même si elle n'est pas totale.

Ainsi au cours de notre étude, nous pouvons remarquer que les différentes populations de strongles évoluent avec le temps avec une plus grande diversité d'espèces de juin à septembre. Malgré cela, *T. circumcincta* et *Trichostrongylus spp* restent surreprésentées au cours du temps, avec par moment une population uniquement

constituée de *T. circumcincta* (figure 29). Donc en dépit des TCS, la souche de *T. circumcincta* multirésistante est toujours présente.

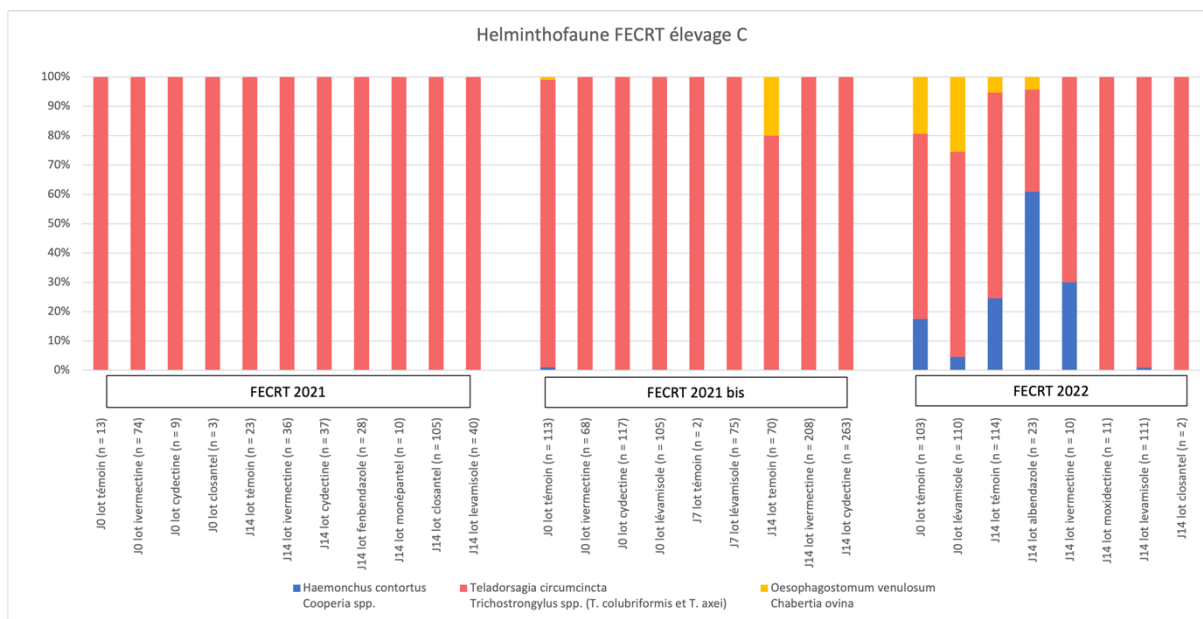


Figure 29 : Helminthofaune FECRT élevage C, n = nombres de larves observées

### 3.1.2 Élevage F

#### 3.1.2.1 FECRT 2021

Le tableau 28 présente les résultats des différents FECRT de l'élevage F. Les intervalles de confiance à 95% selon Coles et al. 1992a ont été calculés.

Tableau 28 : Pourcentage de réduction d'excrétion fécale 2021 élevage F. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge)

	<b>Pourcentage de réduction d'excrétion fécale (FECRT) [IC 95%] (Coles)</b>
<b>Benzimidazole</b>	<b>86%</b>
	[-115 ; 87]
<b>Imidazothiazoles– Lévamisole</b>	<b>99 %</b>
	[95 ; 100]
<b>Lactones macrocycliques - Avermectines</b>	<b>98 %</b>
	[86 ; 100]
<b>Lactones macrocycliques - Milbémycines</b>	<b>100 %</b>
	[100]
<b>Salicylanilides – Closantel</b>	<b>66 %</b>
	[-35 ; 92]
<b>Dérivés d'amino-acétonitrile - Monépantel</b>	<b>100 %</b>
	[100]

A propos de notre deuxième élevage, la situation n'est pas la même. Le lévamisole, le monépantel, ainsi que la moxidectine présentent des pourcentages de réduction supérieur à 95%. Les strongles gastro-intestinaux sont donc considérés comme sensible vis-à-vis de ces trois molécules.

Concernant la famille des avermectines le pourcentage de réduction d'excrétion fécale est lui supérieur à 95% mais la borne inférieure de l'intervalle de confiance est inférieure à 90%. Ainsi cette famille d'anthelminthique présente un possible défaut d'efficacité. Pour finir les benzimidazole montrent des pourcentages de réduction bien inférieurs à 95%. Les strongles gastro-intestinaux sont donc considérés comme résistants contre cette molécule.



Lors de ce premier test d'efficacité les communautés de strongles gastro-intestinaux étaient assez diversifiées (tableau 29). Cependant à J0 nous avons essentiellement une helminthofaune représentée par *T.circumcincta* et *Oesophagostomum venulosum* et *Charbertia ovina*. Mais lors du J14, nous retrouvons *Haemonchus contortus* qui n'était pas présent initialement. Concernant le lot benzimidazole, uniquement deux espèces sont présentes : *Teladorsagia circumcincta* et *Oesophagostomum venulosum*. Ainsi ces deux espèces sont résistantes à cette famille d'anthelminthique. De plus on observe aucune larve pour les lots traités aux avermectines, aux imidazothiazoles et aux dérivés d'amino-acétonitriles (absence d'œufs à la coproscopie).

Concernant le closantel, le FECR n'est pas supérieur à 95% mais d'après l'helminthofaune, *Haemonchus contortus* a disparu à J14. La molécule semble donc efficace.

Tableau 29 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FERCT 2021 de l'élevage F

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaires</b>
<b>FERCT 2021</b>	Témoin J0	Mélange <i>T. circumcincta</i> & <i>Oesophagostomum venulosum</i> / <i>Charbertia ovina</i>
	Lévamisole J0	
	Benzimidazoles J0	Mélange de toutes les espèces
	Moxidectine J0	
	Témoin J14	Mélange <i>H. contortus</i> et <i>T. circumcincta</i> / <i>Trichostrongylus spp</i> , <i>Oesophagostomum venulosum</i> / <i>Charbertia ovina</i>
	Closantel J14	Mélange <i>T. circumcincta</i> & <i>Oesophagostomum venulosum</i> / <i>Charbertia ovina</i>
	Benzimidazoles J14	Mélange <i>T. circumcincta</i> et <i>Oesophagostomum venulosum</i>
	Lévamisole J14	Absence de L3
	Ivermectine J14	

### 3.1.2.2 FECRT 2022

Le tableau 30 présente les résultats des différents FECRT de l'élevage F. Les intervalles de confiance à 95% selon Coles et al. 1992a ont été calculés.

Tableau 30 : Pourcentage de réduction d'excrétion fécale 2021 élevage F. Statut sensible (vert), statut douteux (orange), statut résistant (rouge)

	<b>% réduction d'excrétion fécale (FECRT) [IC 95%] (Coles)</b>
<b>Lactones macrocycliques - Avermectines</b>	<b>100 %</b>
	[100]

À propos des résultats pour l'année 2022 (tableau 31), où seule la famille des avermectines a été testée, on remarque que le pourcentage de réduction d'excrétion fécale est supérieur à 95% (seules 3 larves ont été retrouvées après culture des matières fécales prélevées à J14). Les strongles gastro-intestinaux sont sensibles à cette famille de molécule.

Tableau 31: Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du FERCT 2021 de l'élevage F

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaires</b>
<b>FECRT 2022</b>	Témoin J0	<i>H. contortus</i> + 5% de <i>T. circumcincta</i>
	Avermectine J0	Mélange de toutes les espèces sauf <i>Trichostrongylus</i> spp
	Témoin J14	<i>H. contortus</i> (seulement 3 larves)
	Avermectine J14	Mélange <i>H. contortus</i> et <i>T. circumcincta</i> / <i>Trichostrongylus</i> spp.

Cependant l'helminthofaune est complètement différente (tableau 31). 14 jours après le traitement nous pouvons remarquer qu'il ne reste que *H. contortus*, alors que les trois espèces étaient présentes dans le lot témoin, même si *H. contortus* est majoritaire. Cependant seulement 3 larves ont été comptées dans le lot traité contre 158 dans le lot témoin. *H. contortus* est surreprésenté alors qu'il n'était pas quasiment pas présent en 2021.

### 3.1.2.3 Bilan

Un an après avoir réalisé le premier test d'efficacité, nous avons pour des raisons d'organisation pu tester qu'une seule molécule. La famille des avermectines présentait un taux de réduction de 98% la première année mais la borne inférieure de l'indice de confiance était inférieure à 95%, donc l'efficacité de cette molécule était considérée douteuse. Lors du FERCT effectué en 2022, le taux de réduction était de 100%, ce qui nous laisse penser que la molécule est plus efficace que la première année.

Concernant l'évolution de l'helminthofaune (figure 30), celle-ci est complètement différente entre les deux FERCT. En effet *H. contortus* n'était que peu présent en 2021 alors qu'il est clairement sur-représenté l'année suivante.

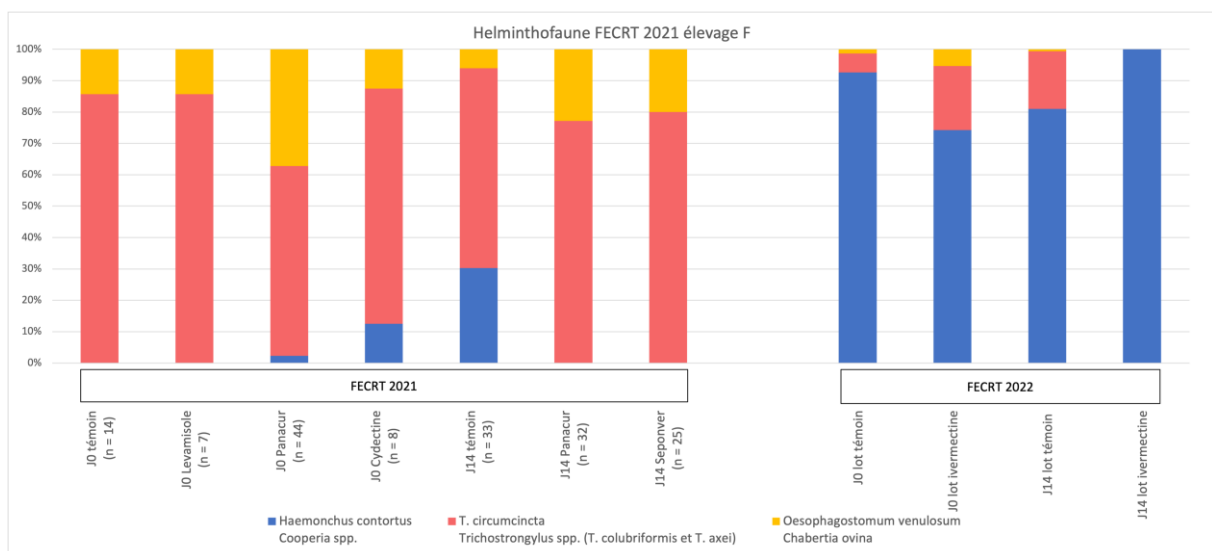


Figure 30 : Helminthofaune FECRT élevage F, n = nombres de larves observées

## 3.2 MISES EN PLACE DU TRAITEMENT CIBLE SELECTIF

### 3.2.1 Élevage C

#### 3.2.1.1 TCS pâturage 2021

##### 3.2.1.1.1 Proportion d'animaux traités et excréation

Dans cet élevage, le premier traitement ciblé sélectif a été réalisé le 21 juin 2021. Au total, un lot 126 brebis au pâturage a été concerné par cette manipulation. Ces individus sont les mêmes que ceux ayant participé aux deux FECRT de l'année 2021. Concernant la conduite d'élevage, ces brebis ont agnelé entre le 12 avril et le 4 mai 2021. La mise à l'herbe a été effectuée le 17 mai 2021 et les agneaux ont été sevrés mi-août 2021. Ce premier TCS (TCS1) a donc été effectué cinq semaines après la mise à l'herbe à la demande de l'éleveur.

La figure 31 présente le pourcentage d'animaux traités et celui des non traités lors de ce premier TCS. 66,6% des brebis ont été traitées soit 84 brebis et 33,3 % (44 brebis) n'ont pas reçu de traitement, assurant ainsi la création d'une population refuge de SGI. Parmi les brebis traitées, on retrouve 22 jeunes brebis selon le critère âge de l'arbre décisionnel.

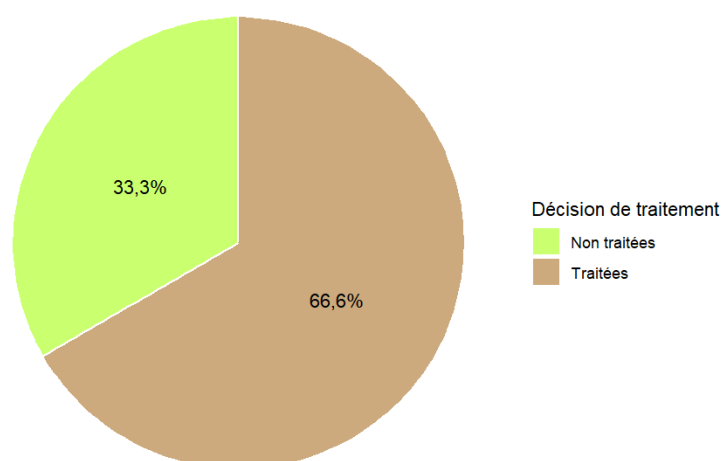


Figure 31 : Proportion de brebis traitées et non traitées lors de TCS\_C\_1

Des coproscopies individuelles ont été réalisées sur les matières fécales récoltées. Les excrétions ne sont pas très élevées avec une moyenne à 178,1 opg et une médiane à 50 opg. Les intensités d'excrétion sont divisées en quatre catégories : de 0 à 500 opg, de 500 à 1000 opg, de 1000 à 2000 opg et plus de 2000 opg. La figure 32 met en évidence la grande variabilité individuelle des excrétions d'œufs de SGI au sein d'un même lot de brebis. Seules 2% des brebis sont fortes excrétrices alors que 89% sont faibles excrétrices.

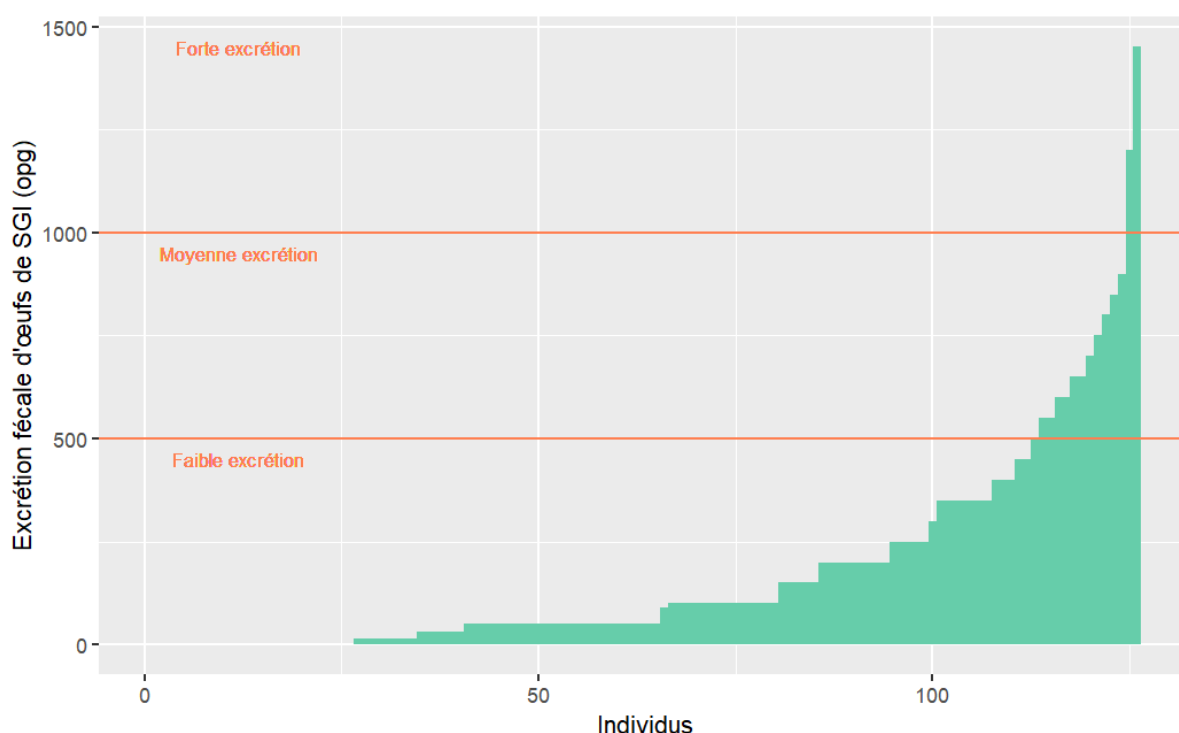


Figure 32 : Excrétion fécale d'œufs de SGI classée par ordre croissant lors de TCS\_C\_1

### 3.2.1.1.2 Helminthofaune

Lorsque nous avons effectué ce premier TCS (tableau 32), la diversité d'espèces avait augmenté par rapport au test d'efficacité réalisé précédemment. En effet même si la catégorie (*T. circumcincta* et *Trichostrongylus* spp) restait majoritaire, deux autres catégories étaient présentes (*Hæmonchus contortus* et *Cooperia* spp, ainsi que *Oesophagostomum venulosum* et *Chabertia ovina*). Après identification des espèces

majoritaires, *T. circumcincta* prédominait dans la moitié des lots. Seul un lot présentait une dominance d'*Oesophagostomum venulosum*.

Tableau 32 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du TCS 1 de l'élevage C

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaires</b>
<b>TCS1 2021</b>	2014 traitées	<i>T. circumcincta</i>
	2014 non traitées	
	2015 traitées	
	2016 non traitées	
	2017 traitées et non traitées	
	2015 non traitées	<i>Oesophagostomum venulosum</i>
	2016 traitées	Mélange de <i>T. circumcincta</i> et <i>Trichostrongylus spp</i>
	2018 traitées et non traitées	
	2019 traitées et non traitées	
	2020	Absence de L3

Les larves infestantes obtenues lors de ce TCS ont pu être analysées par qPCR. Le tableau 33 présente les différentes proportions de SGI identifiées. On remarque tout d'abord qu'une étape n'a pas fonctionné pour le lot des brebis de 2015 non traitées et pour les brebis de 2019. Soit la coproculture n'a pas permis aux œufs de SGI de se développer en L3 soit l'extraction d'ADN n'a pas fonctionné ou enfin la réaction PCR n'a pas pu advenir.

Ce qui est frappant, dans un premier temps, est l'absence d'*H. contortus* chez les brebis concernées par le TCS. A l'inverse, c'est la seule espèce présente chez les agnelles. Ces dernières ont été élevées séparément et nous avons réalisé seulement des coproscopies individuelles (2 d'entre elles excrétaient 50 opg de SGI sur les 19 prélevées).

L'helminthofaune est donc constituée de *T. circumcincta* et *T. colubriformis* principalement.

Pour les brebis 2018 et 2016 traitées on retrouve seulement *T. colubriformis*.

Pour les brebis des millésimes 2014 traitées, 2015 traitées et 2016 non traitées on retrouve seulement *T. circumcincta*.

Enfin on retrouve les deux espèces pour les brebis 2014 non traitées et 2017 (traitées et non traitées).

Tableau 33 : Résultats qPCR du TCS 1 de l'élevage C

<b>Échantillon</b>	<b>Proportion <i>Hæmonchus contortus</i></b>	<b>Proportion <i>Teladorsagia circumcincta</i></b>	<b>Proportion <i>Trichostrongylus colubriformis</i></b>	<b>Total</b>
<b>2014 non traitées</b>	0,0 %	44,1 %	55,9 %	100,0 %
<b>2014 traitées</b>	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %
<b>2015 non traitées</b>	Absence de résultat			
<b>2015 traitées</b>	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %
<b>2016 non traitées</b>	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %
<b>2016 traitées</b>	0,0 %	0,5 %	99,5 %	100,0 %
<b>2017</b>	0,0 %	54,4 %	45,6 %	100,0 %
<b>2018</b>	0,0 %	0,0 %	100,0 %	100,0 %
<b>2019</b>	Absence de résultat			
<b>2020 (agnelles, non concernées par le TCS)</b>	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %

### 3.2.1.1.3 Évaluation des critères de l'arbre décisionnel appliqué

La figure 33 permet de comparer les excrétions fécales d'œufs de SGI selon que les brebis ont été traitées ou non. Ces excrétions ne sont pas significativement différentes et les moyennes et médianes sont respectivement de 164 opg et 50 opg pour les brebis non traitées et de 185 opg et 100 opg pour les brebis traitées.

NB : pour toutes les boîtes à moustaches réalisées, leur largeur est corrélée à l'effectif.

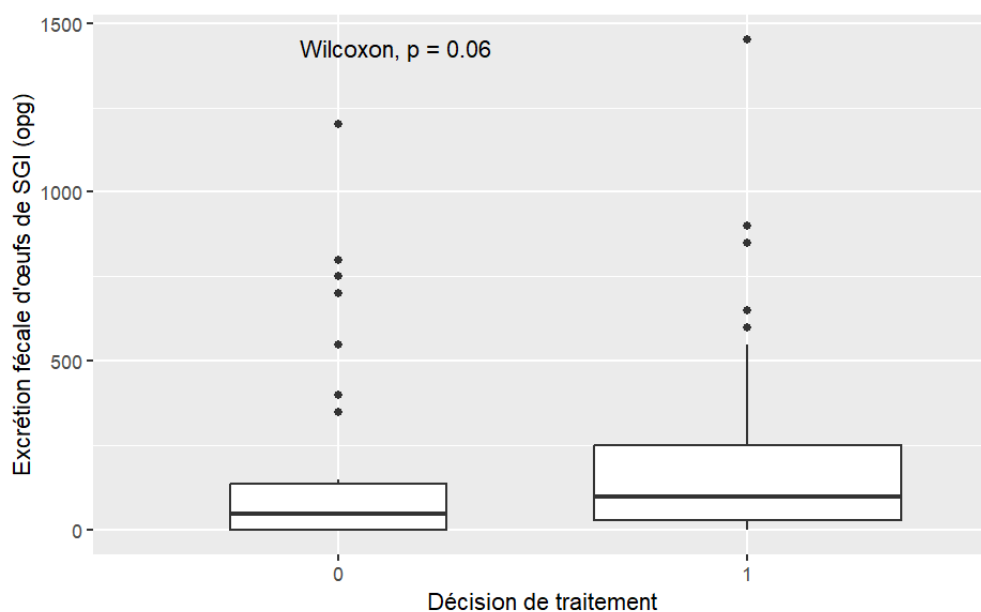


Figure 33 : Excrétion fécale d'œufs de strongles selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) de traitement lors de TCS\_C\_1

La figure 34 représente les notes d'état corporel des brebis en fonction de la décision de traitement. On remarque que pour les brebis présentant une NEC de 1,5 ou 2, certaines ont reçu un traitement et d'autres non. Cependant les brebis traitées présentent une NEC moyenne de 1,17 ce qui est significativement plus faible que la NEC moyenne des brebis traitées (1,94) (Wilcoxon test, p-value <2,2e-16).



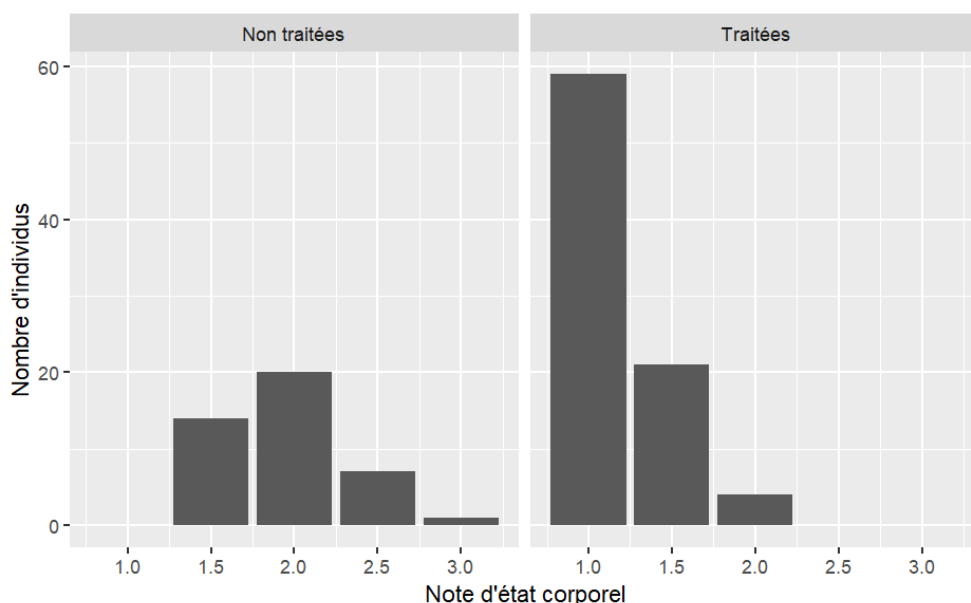


Figure 34 : Répartition des NEC selon la décision de traitement lors de TCS\_C\_1

Toutefois, rappelons que ce n'est pas la NEC (relevée par le technicien) en elle-même mais le jugement de l'état corporel par le berger qui a été pris en compte pour décider de l'administration ou non d'un traitement. La figure 35 présente la relation entre la NEC et le jugement du berger. On remarque que l'état des brebis ayant une note supérieure ou égale à 2 a toujours été jugé satisfaisant et que l'état des brebis ayant une note de 1 a toujours été jugé dégradé. En revanche, la décision n'est pas toujours la même pour les brebis ayant une note de 1,5.

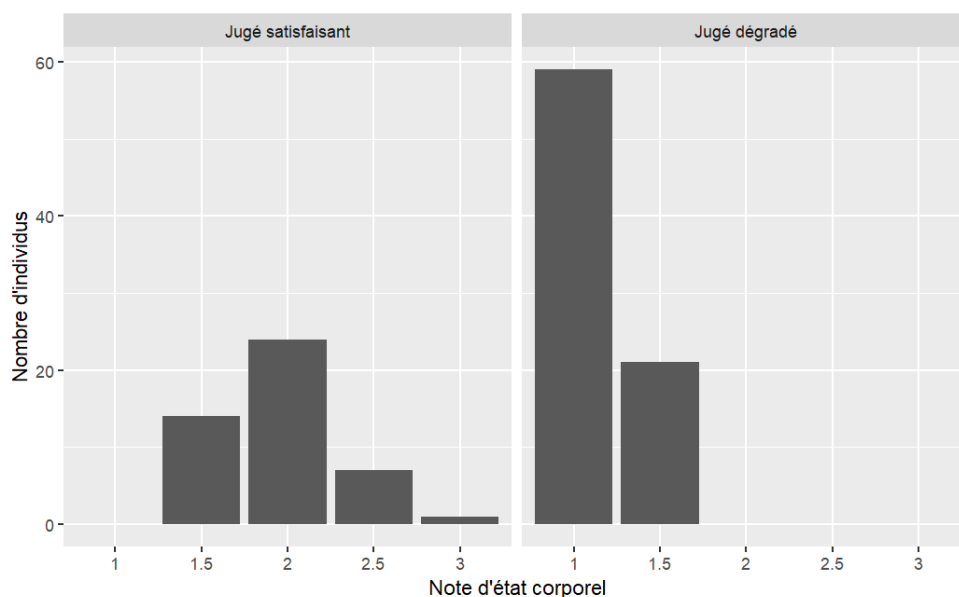


Figure 35 : Relation entre la note d'état corporel et le jugement du berger

La figure 36 présente les excrétions fécales d'œufs de SGI selon la NEC établi par le technicien. Au sein de l'effectif, la NEC moyenne est de 1,43 et les valeurs varient de 1 à 3. De plus, on ne trouve pas de différence d'excrétion significative.

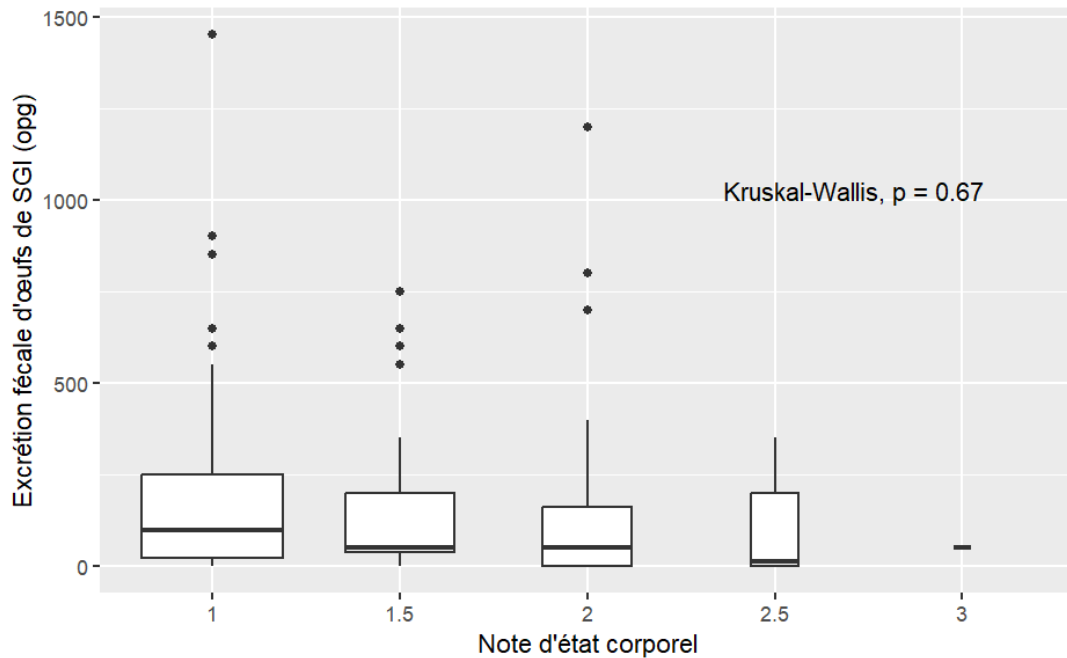


Figure 36 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la NEC lors de TCS\_C\_1

La comparaison des excrétions fécale d'œufs de SGI en fonction du millésime ne révèle également pas de différence significative d'excrétion (figure 37).

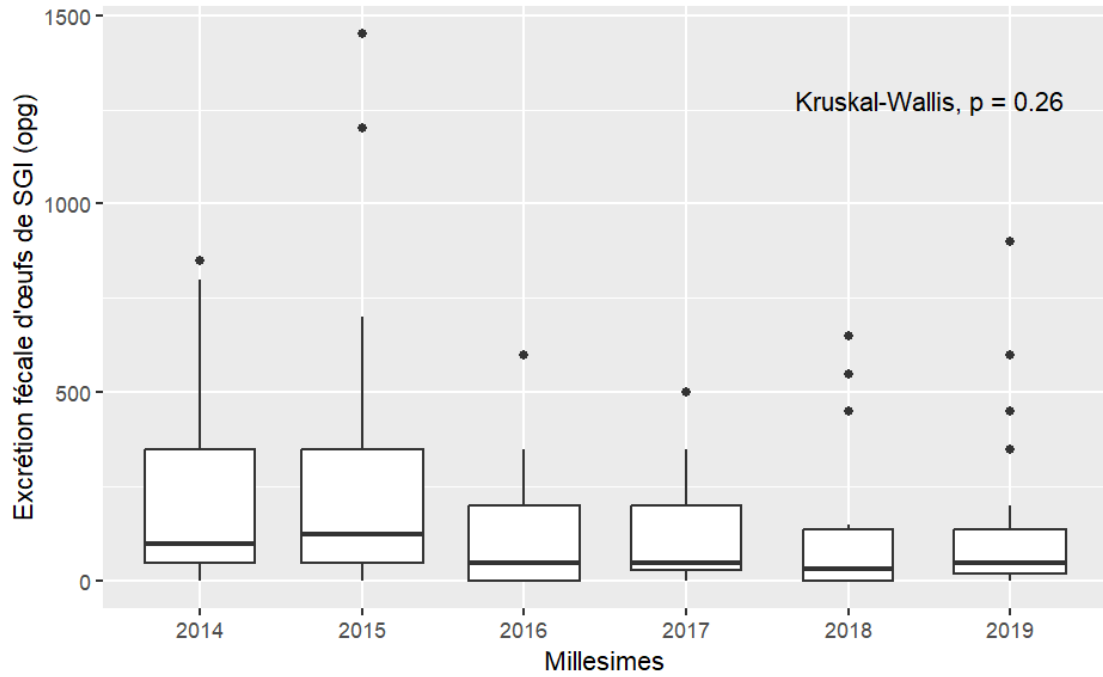


Figure 37 : Excrétion fécale d'œufs de strongles selon le millésime lors de TSC\_C\_1

De la même manière, nous avons comparé l'excrétion des plus jeunes brebis du lot (millésime 2019, n=22 dont 3 primipares) par rapport aux autres (figure 38). Il n'existe pas de différence d'excrétion significative.

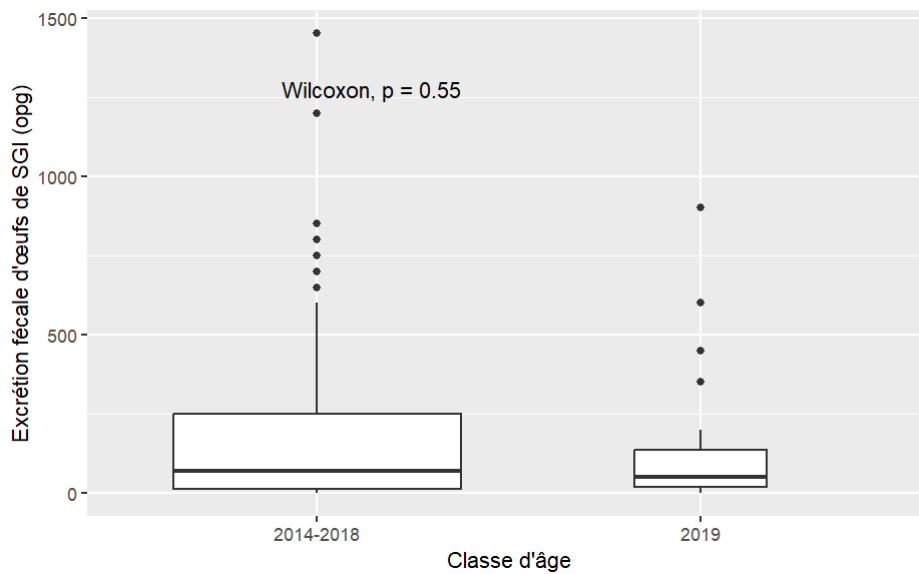


Figure 38 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la classe d'âge lors de TCS\_C\_1

La figure 39 représente les excrétions fécales d'œufs de SGI en fonction du pré pâturé. En effet lors de la réalisation du premier TCS, les brebis pâturaient 3 prés différents : 61 brebis étaient dans le pré 1, 58 dans le pré 2 et 7 dans le pré 3. Une rivière se situe dans l'un des prés. Ici, les brebis du pré 1 excrètent significativement moins que celles du pré 2 et du pré 3. Toutefois la proportion de brebis traitées n'est pas statistiquement différente selon le pré (test de Kruskal-Wallis,  $p = 0,37$ ).

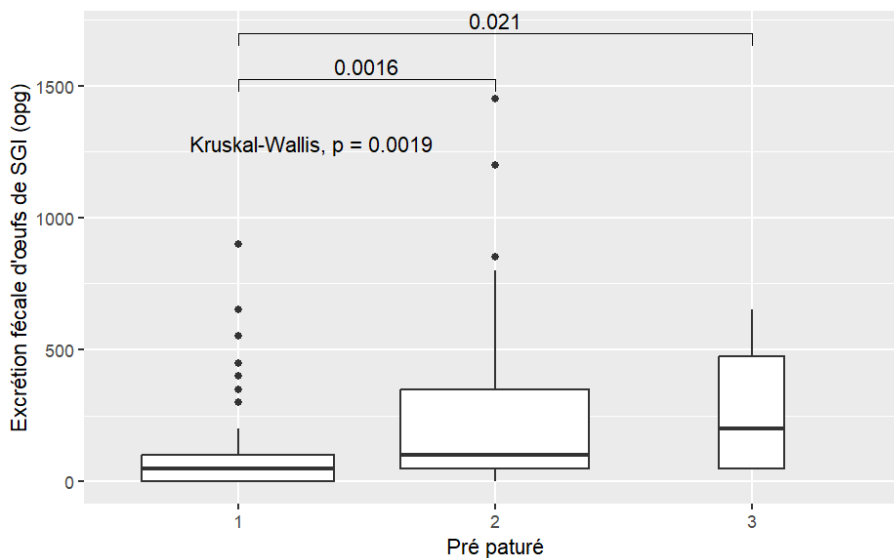


Figure 39 : Excrétion fécale d'œufs de SGI en fonction du pré pâturé lors de TCS\_C\_1

Concernant l'historique des traitements de ce lot, 66 brebis (52,3%) ont participé au FECRT 2021. Cette manipulation a consisté en l'administration de différentes spécialités le 15/03/21 (66 brebis, 52,3%) et le 19/04/21 (43 brebis, 34,1%). Elles étaient alors en bergerie et n'ont pas pu se réinfester avant la mise à l'herbe. La figure 40 met en avant une différence d'excrétion significative entre les brebis non concernées par le FECRT 2021 et celles y ayant participé. Parmi les brebis ayant participé au FECRT 2021, 37 ont été traitées à l'occasion de TCS1. Cela est surprenant au vu de l'efficacité des différentes molécules. Il n'y a en revanche pas de différence d'excrétion significative en fonction de la molécule utilisée (p-value selon le test de Kruskal-Wallis de 0,12 pour le FECRT 2021 et de 0,3 pour le FERT bis).

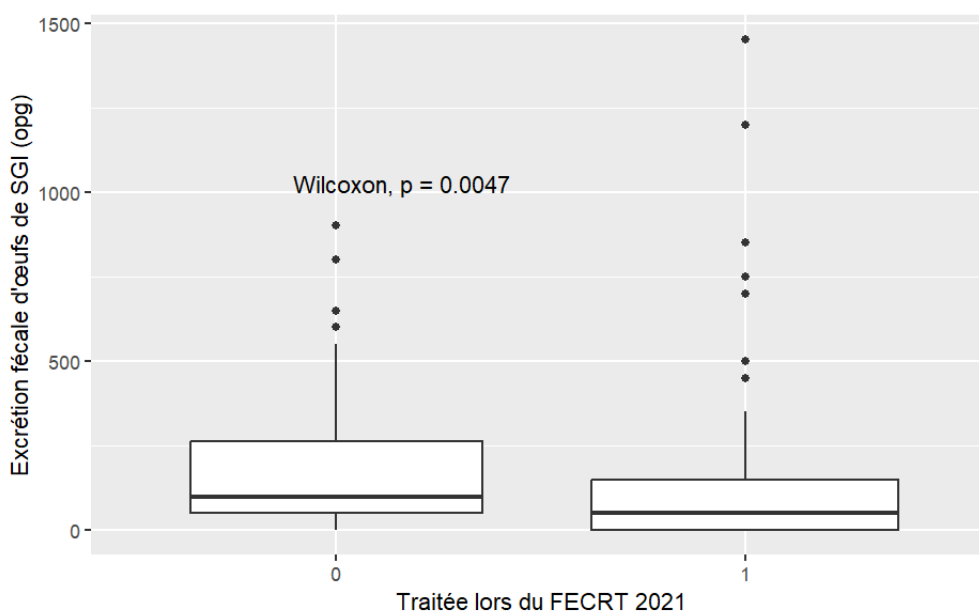


Figure 40 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la participation au FECRT 2021 lors de TCS\_C\_1 (0 : non traitée, 1 : traitée)

#### 3.2.1.1.4 Conséquences du TCS sur les performances zootechniques

Au sujet des performances zootechniques, les brebis étaient en période d'allaitement au moment de la manipulation. Chacune a élevé entre 1 et 2 agneaux. Les autres agneaux ont été élevés à la louve (allaitement artificiel). Le sevrage des agneaux a eu lieu les 16 et 19 août 2021, ils ont été pesés à cette occasion. La figure 41 montre qu'il n'y a pas de différence de poids significative entre les agneaux allaités par une mère ayant reçu un traitement lors de ce TCS et ceux allaités par une mère n'ayant pas reçu de traitement.

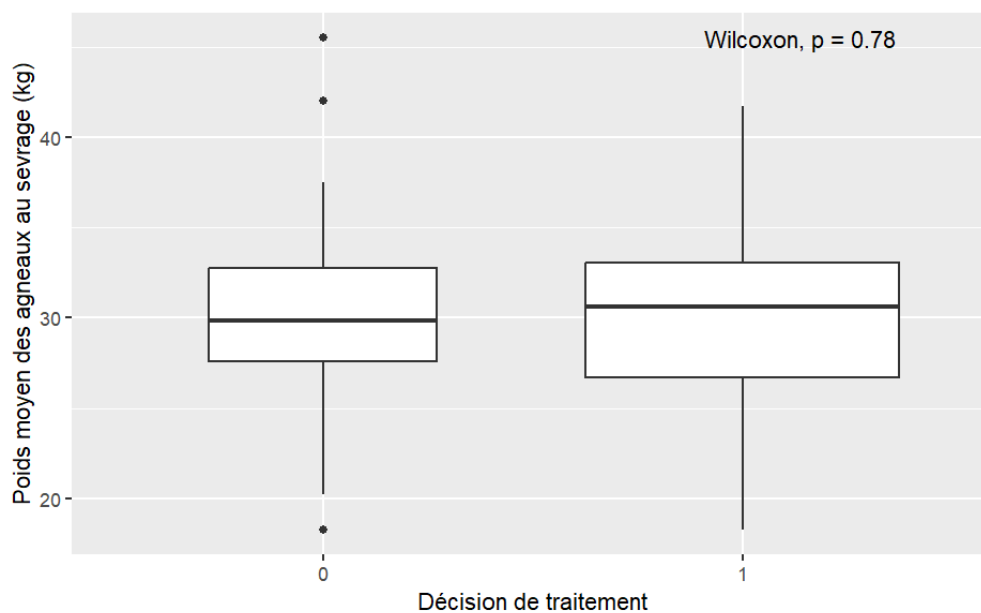


Figure 41 : Poids moyen des agneaux au sevrage selon que les mères ont été traitée (1) ou non (0) lors de TCS\_C\_1

#### 3.2.1.1.5 Matrice de corrélation de Spearman

Il est ensuite possible d'étudier les corrélations reliant les paramètres précédents. La matrice de corrélation de Spearman (figure 42) permet de le faire pour des données ne suivant pas une loi normale. Le coefficient de corrélation est indiqué dans chaque carré et il a été ôté quand la corrélation n'était pas significative ( $p$ -value  $>0,05$ ).

Ainsi, on remarque que l'excrétion fécale est seulement corrélée avec le pré pâturé. Les conditions de pâture impactent donc significativement l'infestation des animaux.

Concernant la décision de traitement, on voit qu'une NEC faible a été très associée à un traitement (l'arbre décisionnel a été créé dans ce sens) et que le nombre d'agneaux élevés par la brebis rentre aussi en jeu. En effet, en scannant la boucle électronique de la brebis, l'éleveur avait accès au nombre d'agneaux que la brebis élevait et a eu tendance, en cas de doute, il a opté pour un traitement si la brebis allaitait deux agneaux. Enfin, il y a plus de brebis ayant participé au FECRT dans le groupe des brebis non traitées.

Par rapport à l'état corporel des animaux, on retrouve des corrélations moyennes avec le millésime (les brebis jeunes (millésime élevé) sont en meilleur état) et avec le pré. On observe également des corrélations négatives moyennes entre l'état corporel et la taille de portée et le nombre d'agneaux élevés : les brebis perdent de l'état pour mener à bien la gestation et élever les agneaux. Enfin, les brebis ayant participées au FECRT ont une meilleure NEC (1,51, n=66) que celles n'y ayant pas participées (1,33, n=60).

Par ailleurs, il est logique d'observer qu'une brebis élève plus d'agneau s'il elle a fait une portée de grande taille. De la même manière, plus une brebis est jeune (millésime élevé) et moins elle produit d'agneau.

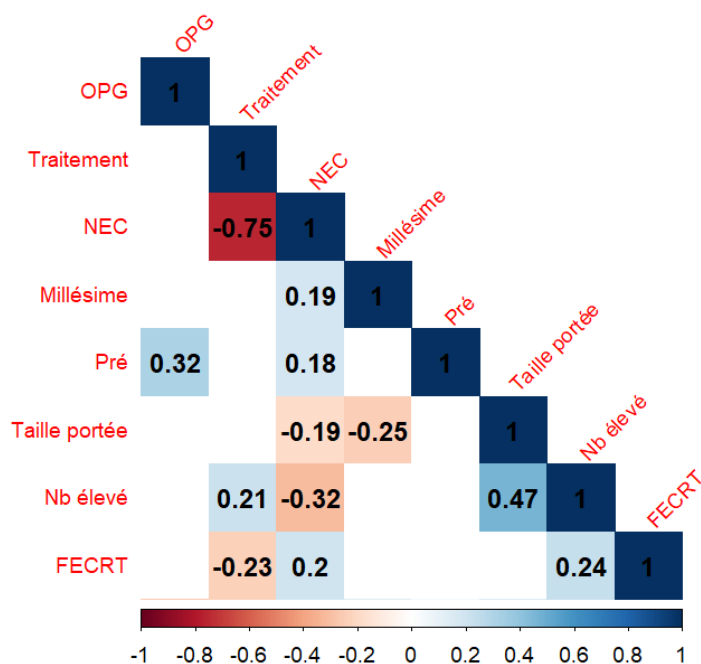


Figure 42 : Matrice de Spearman pour TCS\_C\_1 (Taille portée = taille de la portée d'avril 2021, Nb élevé = nombre d'agneau élevé par la brebis)

### 3.2.1.2 TCS mise en lutte 2021

À la suite du premier TCS, deux coproscopies de mélange ont été réalisées le 02/08/2021 (soit 6 semaines plus tard) en prélevant 15 brebis traitées et 15 brebis non traitées lors de cette manipulation. Les excréments fécaux d'œufs de SGI étaient de 500 opg pour les brebis non traitées et de 150 opg pour les brebis traitées. Au vu de ces résultats et la mise en lutte approchant, il a été décidé de réaliser un TCS.

#### 3.2.1.2.1 Proportion d'animaux traités et excrétion

Le deuxième protocole de traitement ciblé sélectif a eu lieu en prévision de la mise en lutte. Ainsi 166 brebis ont été incluses dans cette manipulation et 99 d'entre elles étaient présentes lors du premier TCS. La mise en lutte s'est faite en deux temps avec un premier lot de 74 brebis mises en lutte mi-septembre pour un agnelage en février 2022 pour lesquelles le TCS a eu lieu le 23/08/2021 et un second de 92 brebis mises en lutte en novembre pour un agnelage en avril 2022 pour lesquelles le TCS a eu lieu le 27/09/2021.

L'arbre décisionnel a été appliqué (figure 25) par le berger et a conduit à traiter 108 brebis (65%) comme le montre la figure 43.

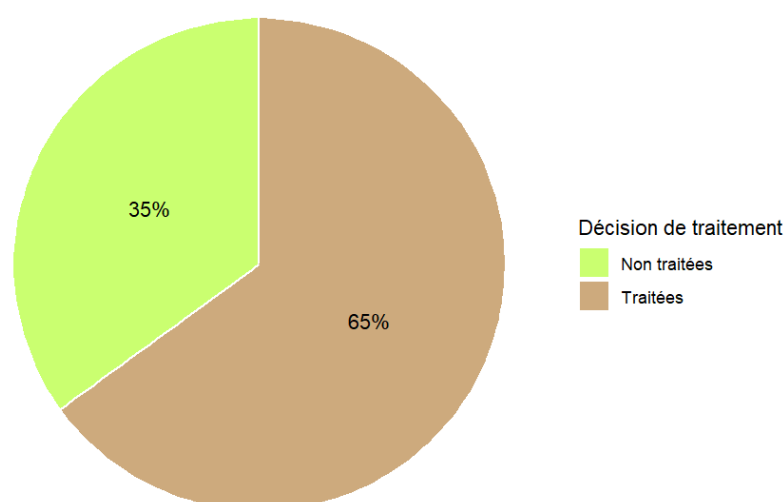


Figure 43 : Proportion de brebis traitées et non traitées lors de TCS\_C\_2



De nouveau, des coproscopies individuelles ont été réalisées à partir des matières fécales récoltées lors de la manipulation. L'excrétion moyenne était de 645,8 opg et la médiane de 300 opg. 79,5% des brebis présentaient une faible excrétion et 20,5% une excrétion forte à très forte (figure 44).

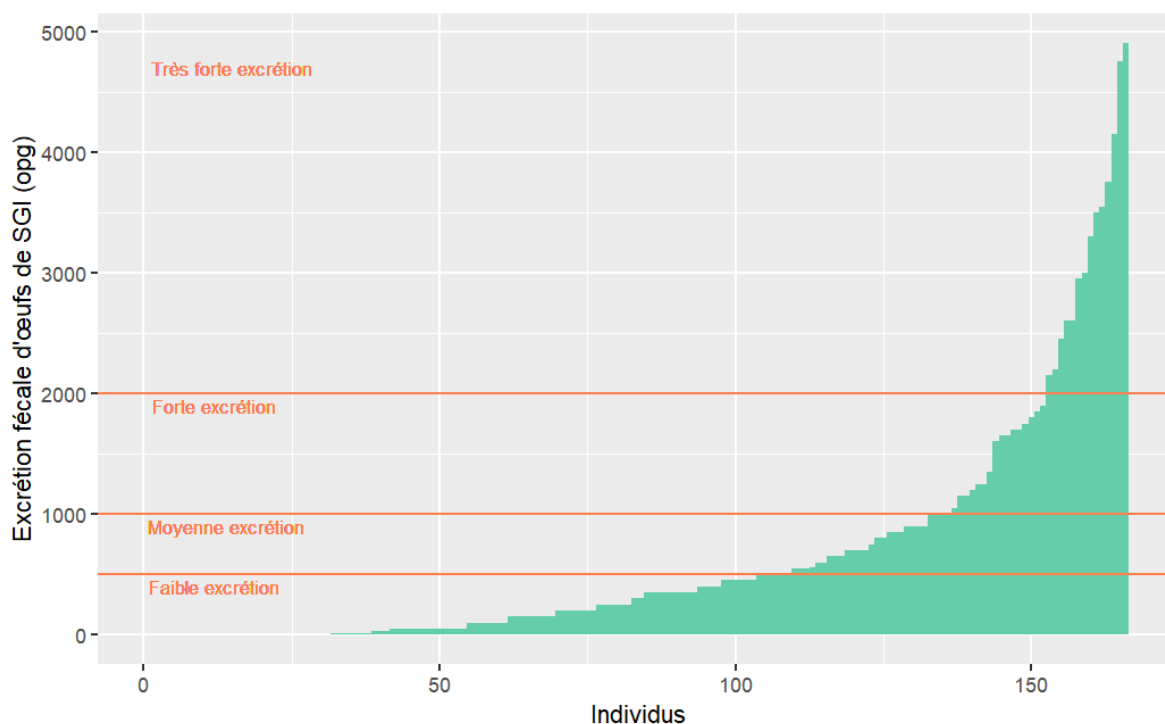


Figure 44: Excrétions fécales d'oeufs de SGI classées par ordre croissant lors de TCS\_C\_2

### 3.2.1.2.2 Helminthofaune en présence

L'analyse de l'helminthofaune de la manipulation du TCS du 23 août 2021 n'a pas pu être réalisée.

Concernant le TCS effectué au mois de septembre 2021 pour le lot agnelant au mois d'avril, on observe une plus grande diversité d'espèces avec la présence des trois premiers groupes. Mais lors de l'analyse des espèces majoritaires, on note un mélange de *T. circumcincta*, *Trichostrongylus* spp et *Oesophagostomum venulosum* dans tous les échantillons sauf pour le lot des 2015 où *T.circumcincta* est prédominant.

Tableau 34 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 du TCS 2 de l'élevage C

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaires</b>
<b>TCS septembre 2021</b>	2015 traitées et non traitées	Mélange de toutes les espèces, <i>T. circumcincta</i> en majorité
	2016 traitées et non traitées	Mélange <i>T. circumcincta</i> et <i>Trichostrongylus spp</i>
	2017 traitées et non traitées	Trop peu de larves
	2018 traitées et non traitées	Mélange toutes espèces avec prédominance <i>T. circumcincta</i> et <i>Trichostrongylus spp</i>
	2019 traitées et non traitées	Mélange <i>T. circumcincta</i> et <i>Trichostrongylus spp</i>
	2020 traitées et non traitées	Mélange de toutes les espèces

### 3.2.1.2.3 Évaluation des critères de l'arbre décisionnel appliqué

Les excréments des brebis traitées et non traitées sont représentés sur la figure 45. Celles des brebis traitées sont significativement supérieures à celles des brebis non traitées.

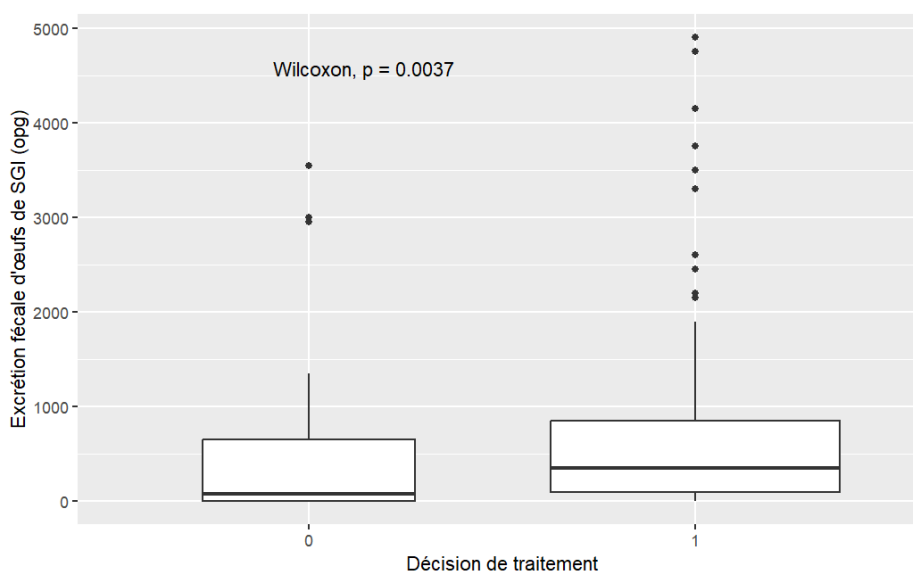


Figure 45 : Excrétions fécales d'oeufs de SGI selon la décision de traitement lors de TCS\_C\_2

De la même manière, les excréments fécaux d'œufs de SGI, selon le millésime sont représentées sur la figure 46. Les jeunes brebis du millésime 2020 excrètent significativement plus que les brebis de tous les autres millésimes.

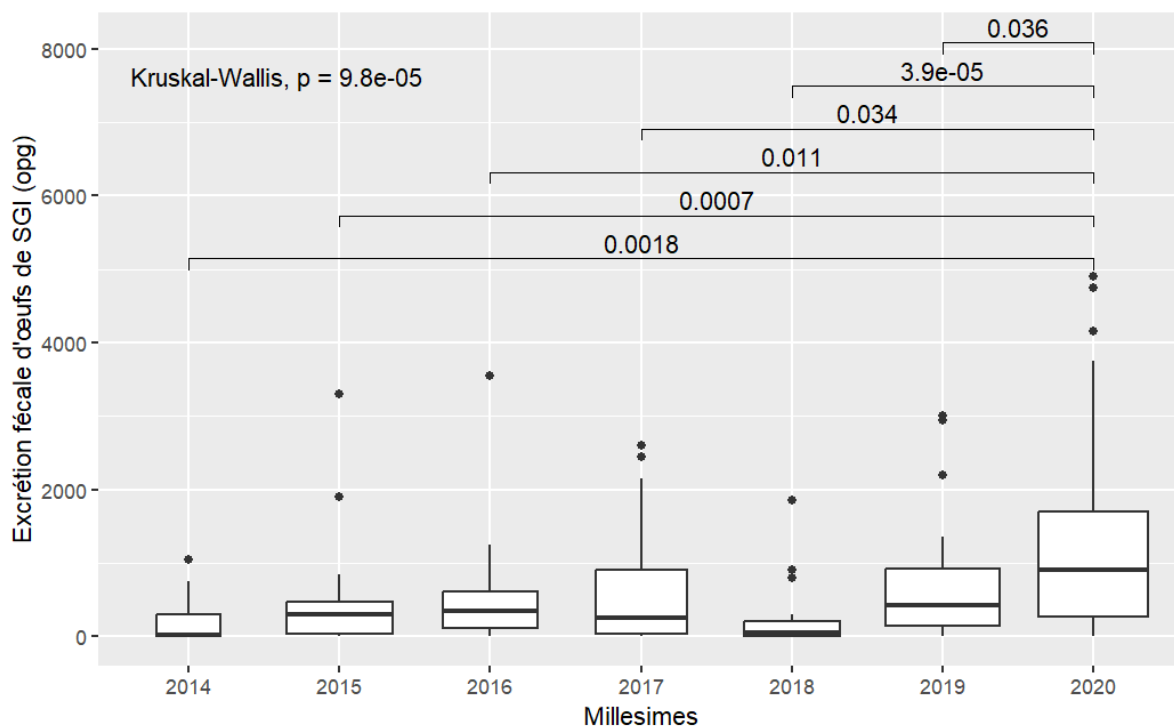


Figure 46 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon le millésime lors de TCS\_C\_2

Si l'on compare les excréments des brebis du millésime 2020 par rapport à celles des millésimes 2014 à 2019 regroupés on trouve une p-value, selon le test de Wilcoxon, de  $7^{\text{exp}-5}$  (graphe non présenté).

La répartition des notes d'état corporelles relevées par le technicien est présentée sur la figure 47, selon que les brebis ont été traitées ou non. De nouveau, ces notes sont globalement assez faibles par rapport aux objectifs de NEC à la mise en lutte (2,5-3). Un seuil semble se dessiner pour une NEC inférieur à 1,5 entre brebis traitées et non traitées.

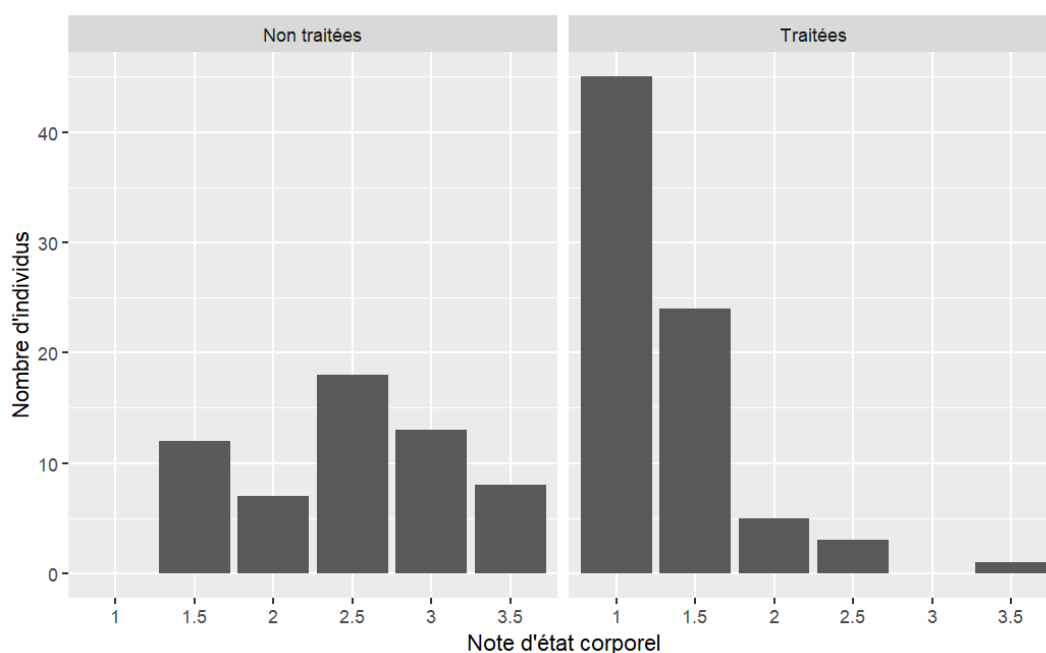


Figure 47 : Note d'état corporelle des brebis selon la décision de traitement lors de TCS\_C\_2

Sur la figure précédente, on peut remarquer que certaines brebis en bon état (NEC de 3,5) ont été traitées. Ce sont des jeunes (millésime 2020) qui sont systématiquement traitées selon notre arbre décisionnel. La répartition des NEC est présentée sur la figure 48 selon que les brebis sont jeunes ou non. On remarque que les brebis en début de carrière présentent une hétérogénéité de NEC (NEC variant de 1 à 3,5) alors qu'elles n'ont effectué qu'une lactation maximum. Parmi les 26 brebis du millésime 2020, 19 ont fait une lactation et ont une NEC moyenne de 1,8 et 7 sont nullipares et ont une NEC moyenne de 2,8.

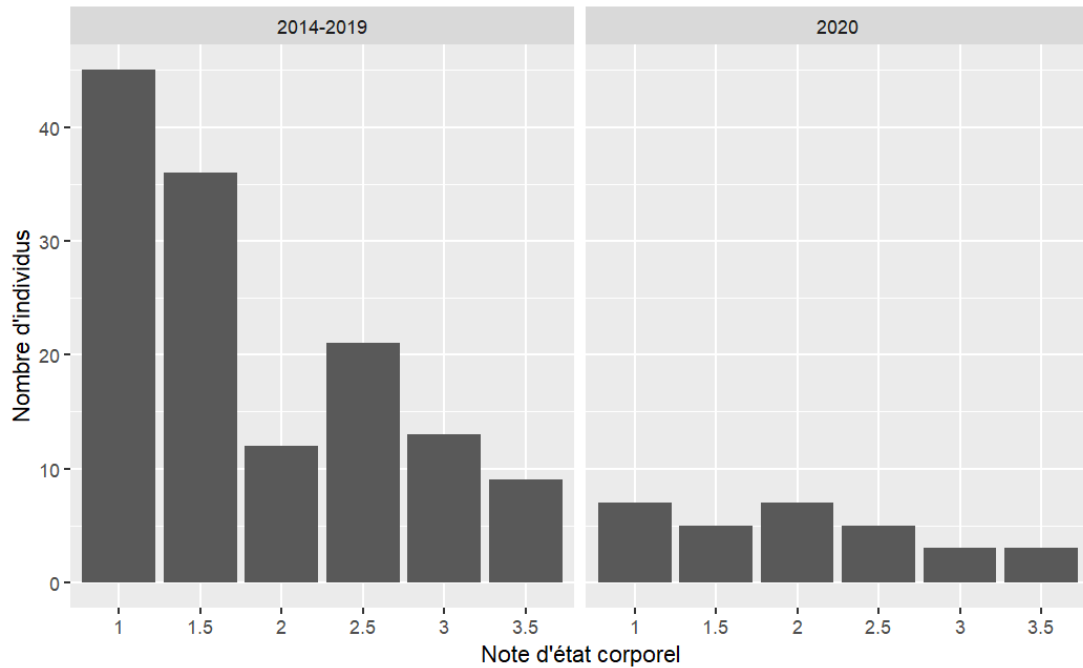


Figure 48: Répartition des NEC selon que les brebis sont jeunes (millésime 2020) ou non lors de TCS\_C\_2

La figure 49 présente la corrélation entre la note d'état corporel et le jugement de l'état par le berger. La limite d'état dégradé pour lui semble se situer pour un état correspondant à une NEC d'environ 1,5 à 2 lors de cette manipulation.

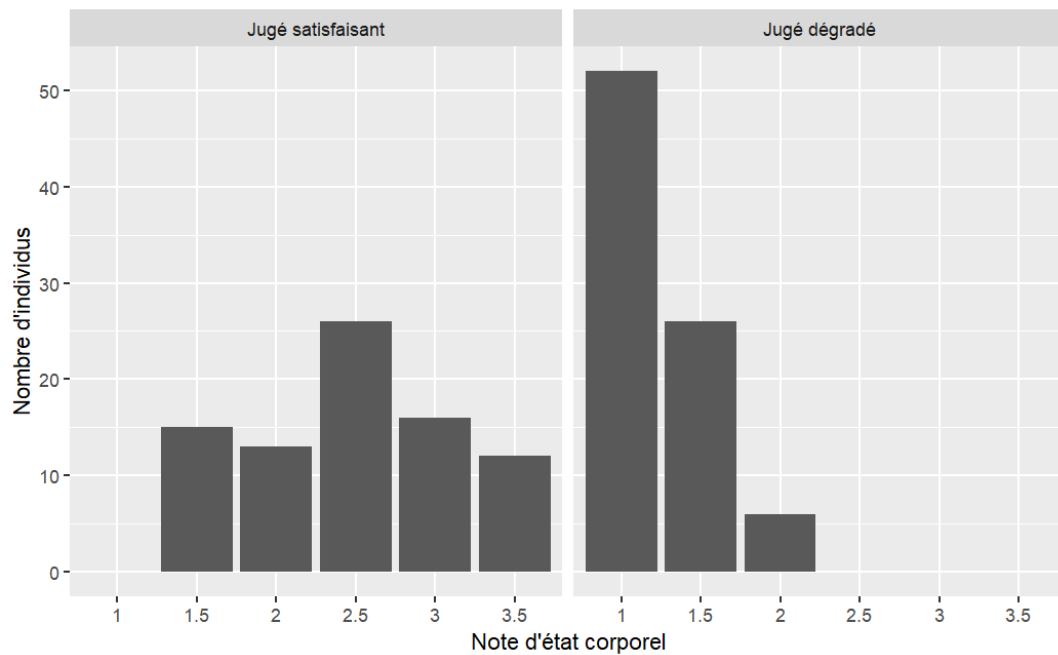


Figure 49 : Relation entre la NEC et le jugement de l'état par le berger lors de TCS\_C\_2

La figure 50 présente les excrétions fécales d'œufs de SGI selon la NEC des brebis. On retrouve des différences d'excrétion significatives entre les brebis de NEC plutôt faible (inférieur ou égale à 2) et celles de NEC plutôt élevé (strictement supérieur à 2).

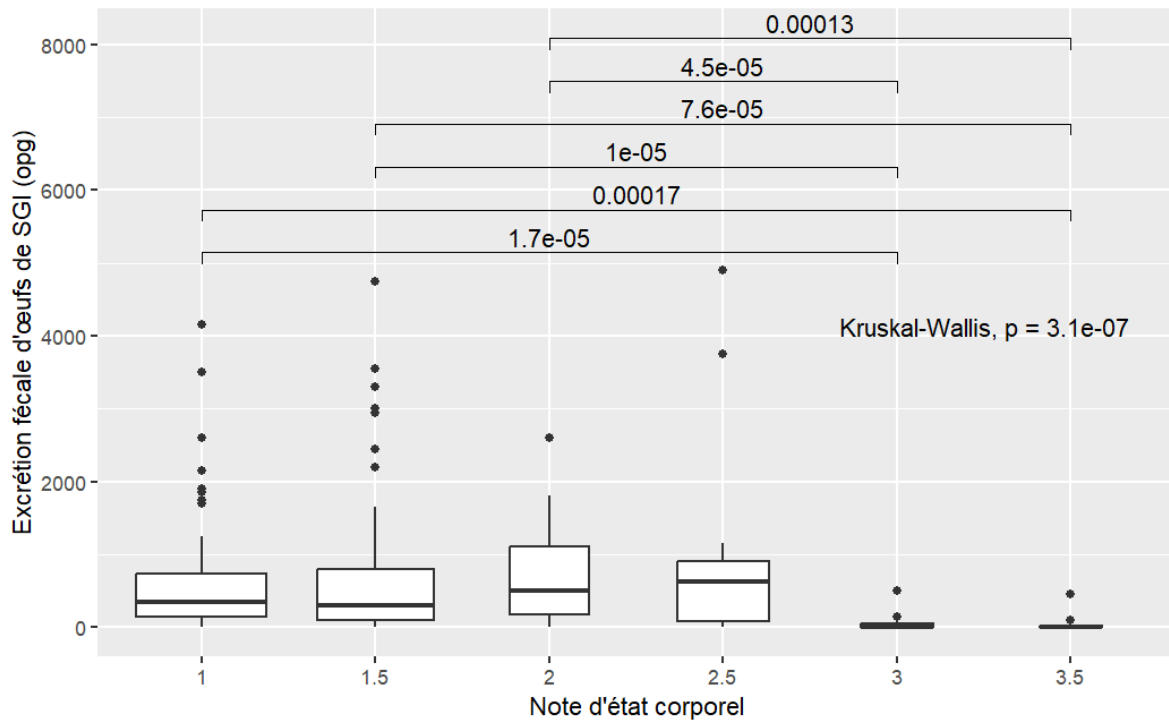


Figure 50 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la NEC lors de TCS\_C\_2

Lorsque l'on groupe les brebis ayant une NEC inférieure ou égale à 2 et celles ayant une NEC strictement supérieure à 2 (figure 51), on retrouve une différence d'excrétion significative : les brebis de NEC faible excrètent plus que les brebis de NEC plus élevée. Cela appui l'intérêt de traiter les brebis présentant un moins bon état corporel.

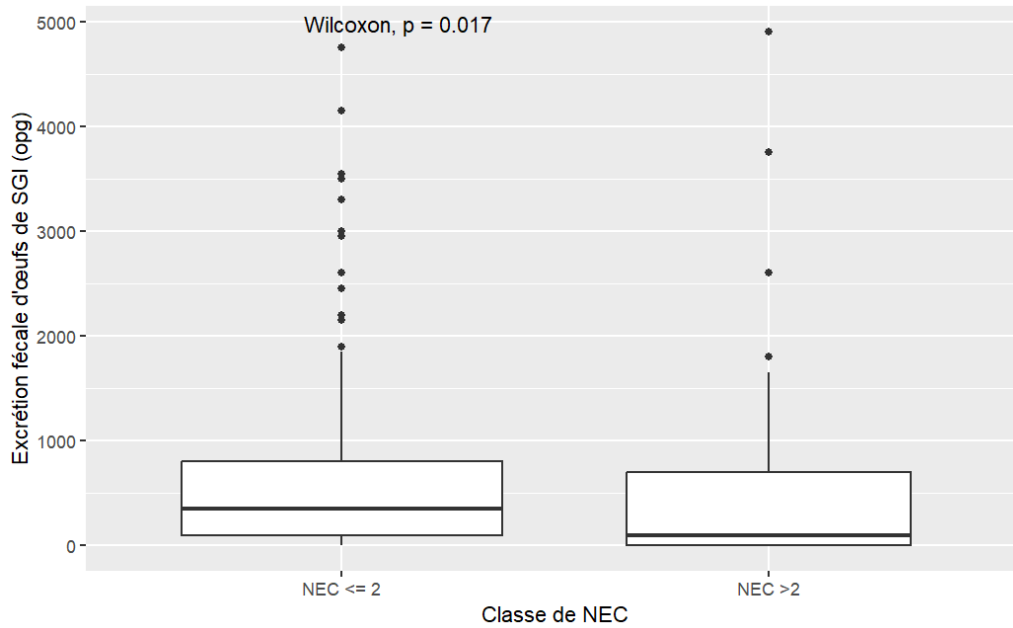


Figure 51 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la classe de NEC lors de TCS\_C\_2

Lors de la réalisation du deuxième TCS, 31 brebis présentaient des traces de diarrhée. Elles ont été traitées conformément à l'arbre décisionnel. Les excréctions fécales d'œufs de SGI de ces brebis sont significativement inférieures à celles des brebis ne présentant pas de trace de diarrhée (figure 52). Cela s'explique par le fait qu'un épisode de diarrhée augmente le volume de fèces émit, diminuant alors la concentration d'œufs de SGI dans l'échantillon analysé en coproscopie.

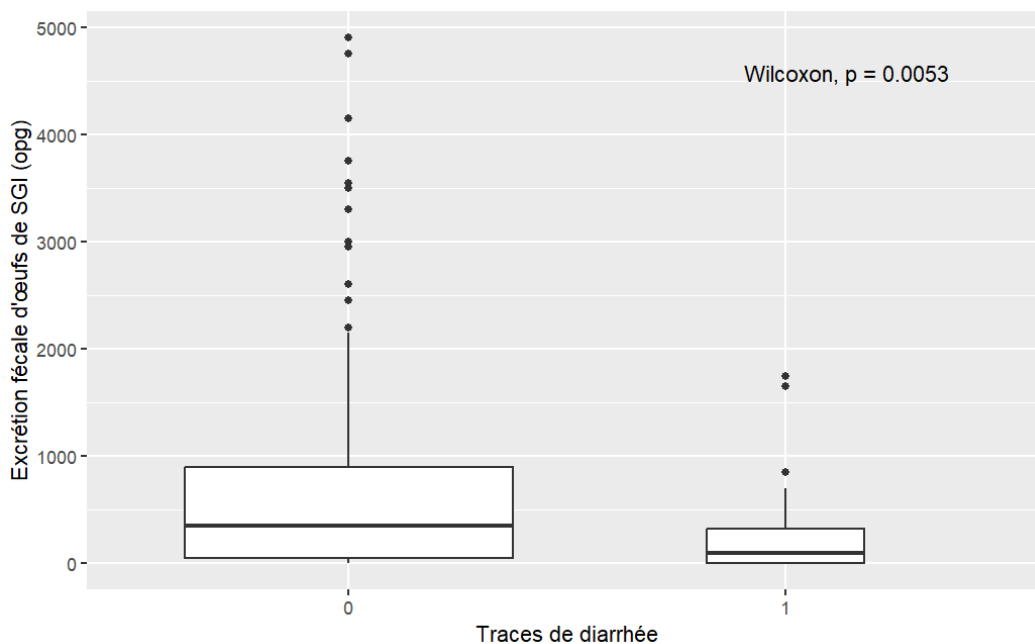


Figure 52 : Intensité d'excrétion fécale d'œufs de SGI selon la présence (1) ou l'absence (0) de traces de diarrhée lors de TCS\_C\_2

### 3.2.1.2.4 Conséquence du TCS sur les performances zootechniques

Cette manipulation de traitement ciblé sélectif a eu lieu avant la mise en lutte. Une des questions qui nous intéresse est de savoir si les brebis non traitées ont dégradé leur performance de reproduction. La figure 53 présente la taille de la portée selon la décision de traitement. La taille de portée a été notée 0 si la brebis n'a pas rempli à la lutte considérée. On voit qu'il n'y a pas de différence entre les brebis traitées et non traitées. De plus, la prolificité est de 2,17 pour cet agnelage ce qui est comparable à celle de l'année précédente (2,03).

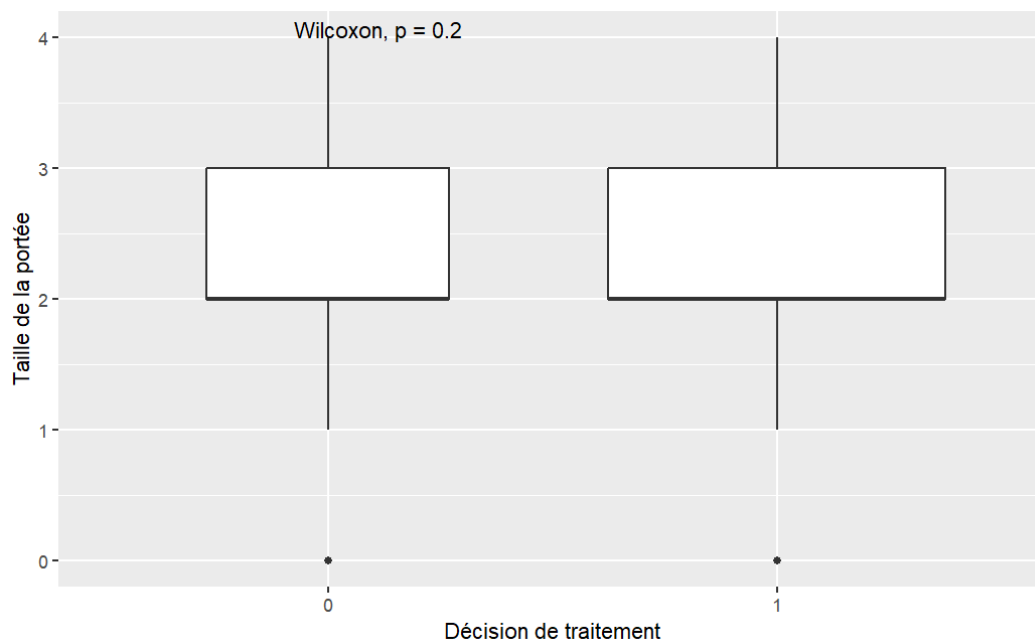


Figure 53 : Taille de la portée selon la décision de traitement lors de TCS\_C\_2 (0 = non traité, 1 = traité)

De la même manière, la figure 54 présente le poids moyen des agneaux de la portée selon la décision de traitement. Il n'y a pas non plus de différence significative entre les poids des agneaux nés de mère traitées ou non.



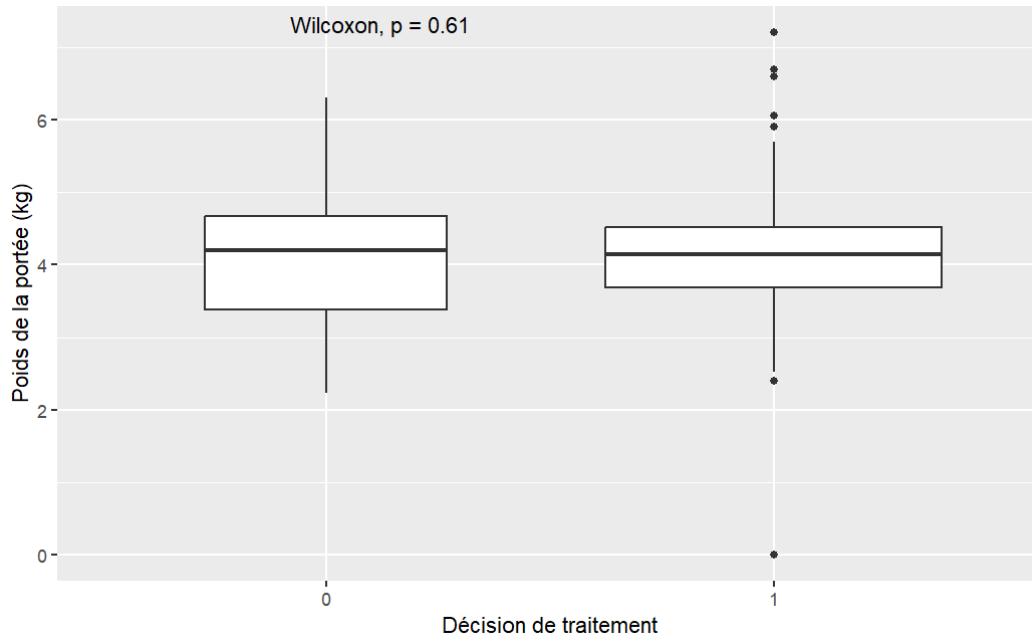


Figure 54 : Poids moyen de la portée selon la décision de traitement lors de TCS\_C\_2, (0 = non traité, 1 = traité)

En revanche, la mortalité, considérée par le nombre d'agneaux mort-nés et d'avortons sur le nombre d'agneaux nés vivants est significativement plus élevée chez les agneaux nés de mères non traitées (figure 55). La mortalité moyenne est de 10% chez les agneaux nés de mères non traitées et de 4,3% chez les agneaux nés de mères traitées. Toutefois, le tableau 35 met en évidence une mortalité supérieure lors de l'agnelage de février et une taille de portée plus élevée chez les brebis non traitées pouvant expliquer le nombre plus important de mort-nés.

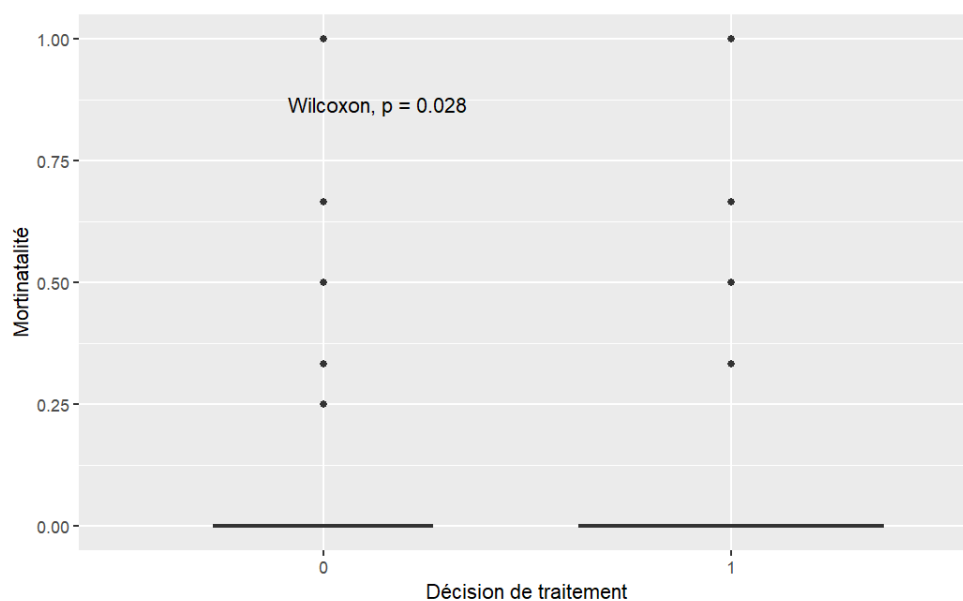


Figure 55 : Mortalité selon la décision de traitement lors de TCS\_C\_2

Tableau 35 : Mortinatalité en fonction de la période d'agnelage et de l'administration ou non d'un traitement

	<b>Agnelage février</b>	<b>Agnelage avril</b>	<b>Global</b>
<b>Mère traitée</b>	7,9 % (n=40, taille portée moyenne = 2,3)	1,5 % (n=54, taille portée moyenne = 2,37)	4,3% (n=94, taille portée moyenne = 2,34)
<b>Mère non traitée</b>	15,9% (n=21, taille portée moyenne = 2,48)	5,7% (n=28, taille portée moyenne = 2,54)	10% (n=49, taille portée moyenne = 2,51)
<b>Toutes</b>	10,6 % (n=61, taille portée moyenne = 2,36)	2,9% (n=82, taille portée moyenne = 2,43)	6,2% (n=144, taille portée moyenne = 2,4)

Enfin, la figure 56 présente les poids-âge-type 30 jours des agneaux en fonction du traitement ou non des mères avant la mise en lutte. Cet indicateur est calculé à partir des pesées du contrôle de performance. On remarque qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes.

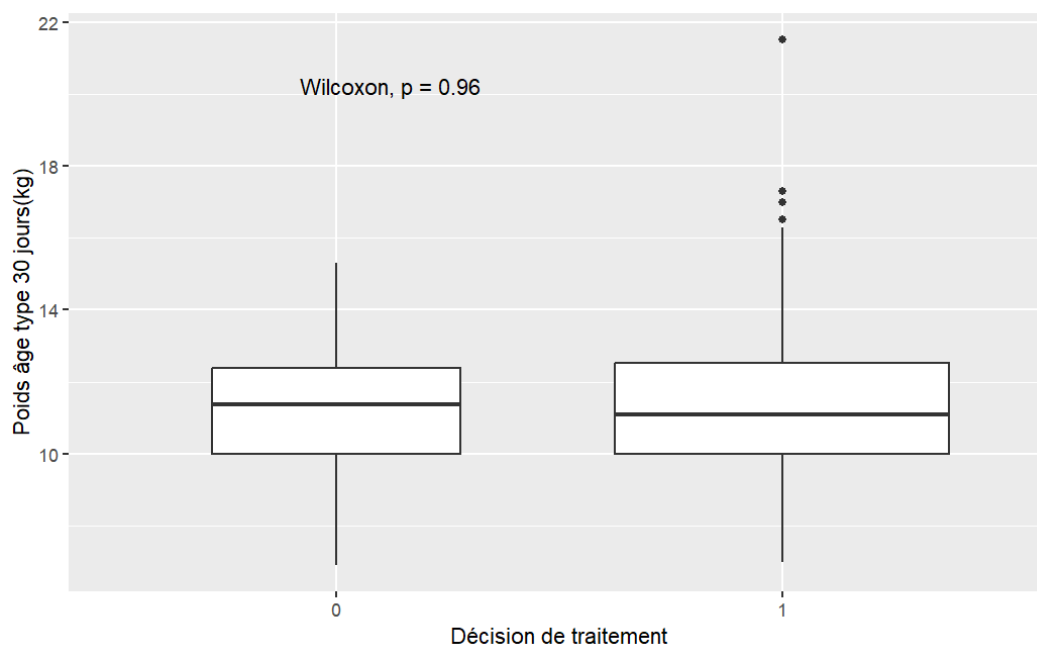


Figure 56 : Poids-âge-type à 30 jours des agneaux en fonction de la décision de traitement des mères lors TCS\_C\_2

### 3.2.1.2.5 Matrice de corrélation de Spearman

La matrice de Spearman présentée par la figure 57 montre les corrélations significatives entre les facteurs étudiés précédemment.

On remarque que l'excrétion fécale est moyennement corrélée avec la NEC : des brebis de NEC faible excrètent plus que celle de NEC plus élevée. Elle est également moyennement corrélée avec le millésime : des brebis jeunes excrètent plus que des brebis plus âgées. Il est donc intéressant de traiter les brebis jeunes et celles présentant un état corporel dégradé. Par ailleurs, la valeur d'excrétion fécale d'œufs de SGI avant la mise en lutte est moyennement corrélée avec le PAT 30 dans le sens où des excréments fécaux élevés sont associés à des PAT 30 plus faibles. Toutefois, il s'est écoulé un an entre ces deux mesures, il existe donc des facteurs de confusions. De la même manière, on observe une faible corrélation entre la présence de trace de diarrhée avant la mise en lutte et de meilleurs PAT 30 sans qu'un facteur explicatif clair le justifie.

Concernant le traitement, on observe des corrélations significatives avec la NEC et la présence de trace de diarrhée ce qui coïncide avec notre arbre décisionnel.

En ce qui concerne la NEC, il existe des corrélations moyennes avec le millésime (les brebis jeunes sont en meilleur état) et la diarrhée (les brebis présentant des traces de diarrhée sont moins en état) mais également avec la mortalité : les brebis concernées par cette dernière sont en meilleur état.

Enfin, la taille de portée est fortement corrélée avec le poids moyen des agneaux à la naissance : plus il y a d'agneaux et moins ils sont gros. De la même manière, plus il y a d'agneaux et plus la mortalité est élevée. Concernant la croissance de ces derniers, une taille de portée élevée est corrélée à un PAT 30 plus faible et un poids moyen de portée élevé avec un PAT 30 également élevé.

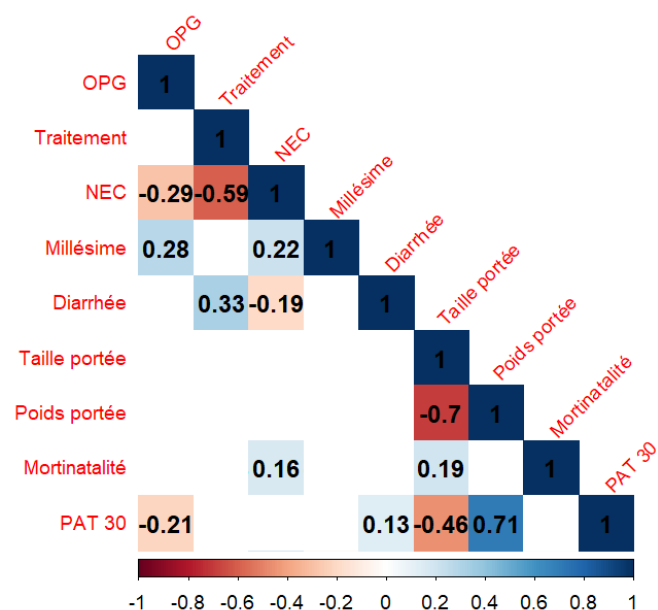


Figure 57 : Matrice de Spearman pour TCS\_C\_2 (Taille portée = taille de la portée en février/avril 2022, Poids portée = poids moyen des agneaux de la portée à la naissance).

Une autre des questions qui nous intéresse concerne le traitement successif de certaines brebis. Le tableau 36 reprend les effectifs des 98 brebis présente au premier et deuxième TCS. Ainsi, plus de la moitié des brebis ont été traitées lors des deux manipulations, environ 15% n'ont jamais été traitées et 30% ont été traitées une fois.

Tableau 36 : Répartition des brebis traitées de non traitées lors de TCS\_C\_2 selon qu'elles l'ont été ou non lors de TCS\_C\_1

	TCS2 Traitées	TCS2 Non traitées	Total
TCS1 Traitées	53 (54,1%)	14 (14,3%)	67
TCS1 Non traitées	16 (16,3%)	15 (15,3%)	31
Total	69	29	98

Entre les brebis qui n'ont jamais été traitées et les brebis ayant été traitées au moins une fois, il n'y a pas de différence significative concernant la taille de la portée (p-value selon le test de Wilcoxon de 0,57) ou le poids moyen des agneaux de la portée (p-value selon le test de Wilcoxon de 0,93).

Enfin, des coproscopies individuelles ont été réalisées à la rentrée des brebis en bergerie le 12/01/22 (pour les brebis mettant bas en février) et le 14/03/22 (pour les brebis mettant bas en avril). Il n'y a pas de différence d'excrétion fécale d'œufs de SGI selon que les brebis ont été traitées ou non à la mise en lutte (figure 58).

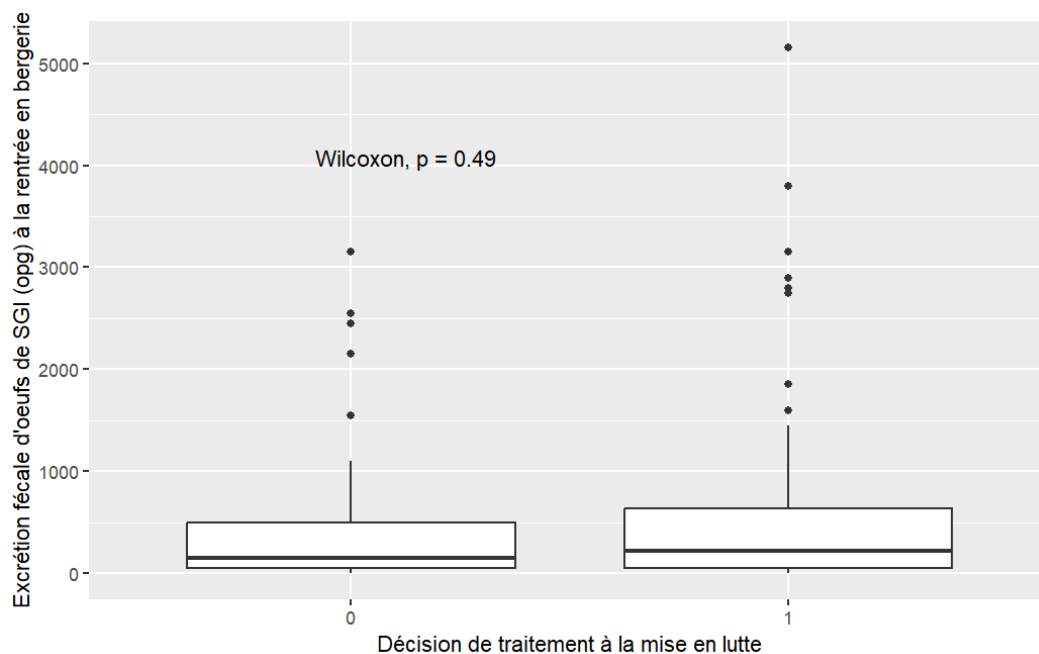


Figure 58 : Excrétion fécale d'œufs de SGI à la rentrée en bergerie selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) à la mise en lutte

### 3.2.1.3 Rentrée en bergerie 2022

Lors de la rentrée en bergerie, nous avons contrôlé les taux d'excrétion individuelle afin d'anticiper une quelconque augmentation du parasitisme avant la mise-bas .

Des coproscopies individuelles ont été réalisées le 12/01/22 (pour les brebis mettant bas en février) et le 14/03/22 (pour les brebis mettant bas en avril). Il n'y a pas de différence d'excrétion fécale d'œufs de SGI selon que les brebis ont été traitées ou non à la mise en lutte (figure 59).

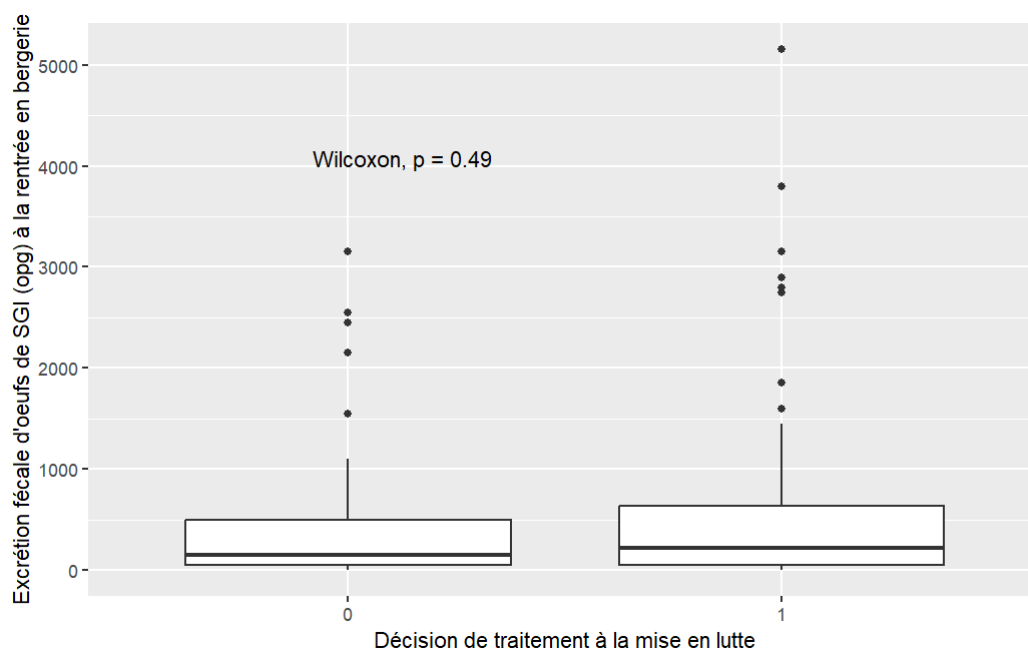


Figure 59 : Excrétion fécale d'œufs de SGI à la rentrée en bergerie selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) à la mise en lutte

Au vu des résultats, les agnelles ayant agnelé en février ont été traitées fin janvier avec de la moxidectine et le lot ayant agnelé en avril a reçu de l'ivermectine fin mars 2022.

Une identification morphologique de ces larves a été réalisée après coproculture. Lors de la rentrée en bergerie au mois de janvier 2022 (tableau 37), le seul groupe présent est celui de *T. circumcincta* et *Trichostrongylus spp.* Au niveau de l'identification des espèces, il semblerait ne pas y avoir une espèce prédominante, sauf pour un lot, celui de 2017-2018 où *T. circumcincta* est majoritaire.

À propos de la rentrée en bergerie du mois de mars 2022 (tableau 38), les mêmes espèces sont présentes avec un mélange de *T. circumcincta* et *Trichostrongylus spp.*

Tableau 37 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 de la rentrée en bergerie janvier 2022

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaires</b>
<b>Rentrée en bergerie janvier 2022</b>	2014-2015-2016 traitées	Mélange <i>T.circumcincta</i> et <i>T. colubriformis</i>
	2017-2018 traitées	<i>T.circumcincta</i>
	2019-2020 traitées	Mélange <i>T.circumcincta</i> et <i>T. colubriformis</i>
	2014-2015-2016 non traitées	Échec coproculture
	2018-2019 non traitées	

Tableau 38 : Résultat de l'identification morphologique des larves L3 de la rentrée en bergerie mars 2022

	<b>Lot</b>	<b>Espèce majoritaire</b>
<b>Rentrée en bergerie mars 2022</b>	2014	Mélange <i>T.circumcincta</i> et <i>T. colubriformis</i>
	2015	
	2016	
	2017	
	2018	
	2019	
	2020	

### 3.2.1.4 TCS3 durant le pâturage 2022

Nous avons poursuivi notre étude avec les brebis ayant mis bas en avril 2022. La mise à l'herbe s'est effectuée de manière progressive dès que les agneaux avaient 3-4 jours, d'abord en sortant les animaux la journée seulement puis le jour et la nuit. Le directeur de l'élevage C a mis en place un essai de pâturage cellulaire. 60 brebis et leurs 107 agneaux étaient dans le lot pâturage cellulaire et 37 brebis et leurs 63 agneaux étaient dans le lot pâturage classique. Avec la sécheresse de l'été 2022, il est arrivé que les brebis n'aient pas suffisamment d'herbe sur les parcelles de pâturage cellulaire et elles ont été amenées à changer de pré.

Après la mise à l'herbe, nous avons réalisé des coproscopies de mélange pour suivre l'infestation des brebis. Les résultats sont présentés en annexe 5. Certaines excréments ont dépassé 500 opg nous ayant conduit à mettre en place une manipulation de TCS.

#### 3.2.1.4.1 Proportion d'animaux traités et excrétion

Un troisième protocole de traitement ciblé sélectif a donc été effectué dans cet élevage le 27/07/2022. Ce dernier a concerné 98 brebis des millésimes 2014 à 2020. Toutes allaitaient encore leurs agneaux (le sevrage a eu lieu autour du 10 août 2022). Le même arbre décisionnel a été adopté par le même berger. Cela a conduit à traiter 78,6% des brebis (figure 60).

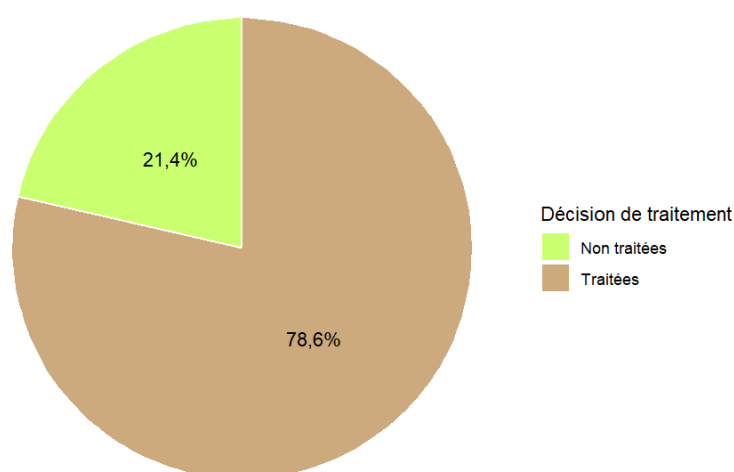


Figure 60 : Répartition des brebis traitées ou non lors de TCS\_C\_3



Des coproscopies individuelles ont été réalisées à partir des matières fécales prélevées le jour du TCS, les résultats sont présentés sur la figure 61. La moyenne des excrétions était de 161 opg et la médiane de 50 opg ce qui est faible. De plus, près de 95% des brebis présentaient une excrétion faible (<500 opg).

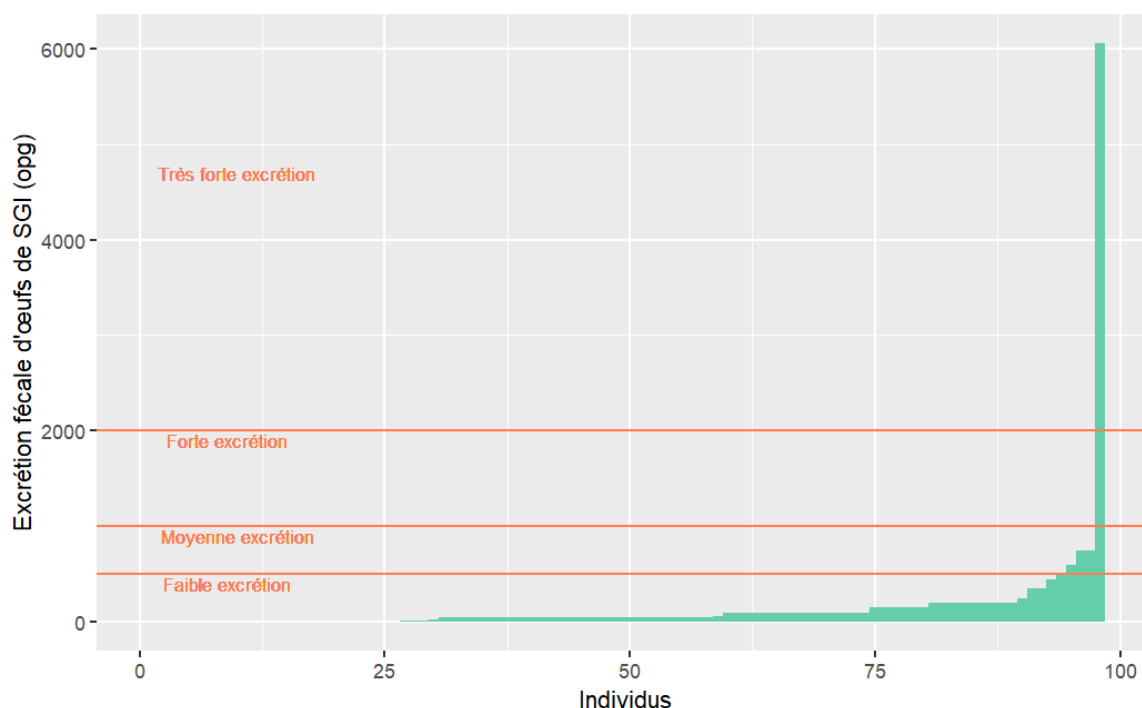


Figure 61 : Excrétion fécale d'œufs de SGI classés par ordre croissant lors de TCS\_C\_3

### 3.2.1.4.2 Helminthofaune en présence

Les résultats du TCS de 2022 semblent légèrement différents des autres. En effet, trois catégories de SGI sont présentes dans des proportions équivalentes.

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaire</b>
<b>TCS3 (2022) élevage C</b>	Pâturage cellulaire non traitées	Mélange de toutes les espèces
	Pâturage cellulaire traitées	
	Pâturage classique non traitées	
	Pâturage classique traitées	

### 3.2.1.4.3 Évaluation des critères de l'arbre décisionnel appliqué

Les excréments selon la décision de traitement sont présentées sur la figure 62. Elles sont significativement plus élevées chez les brebis traitées que chez les brebis non traitées.

NB : dans les graphes présentant les excréments fécales, l'axe des ordonnées a été limité à 800 opg afin que la valeur 6050 opg n'écrase pas les boîtes à moustache, elle est néanmoins prise en compte dans les analyses statistiques.

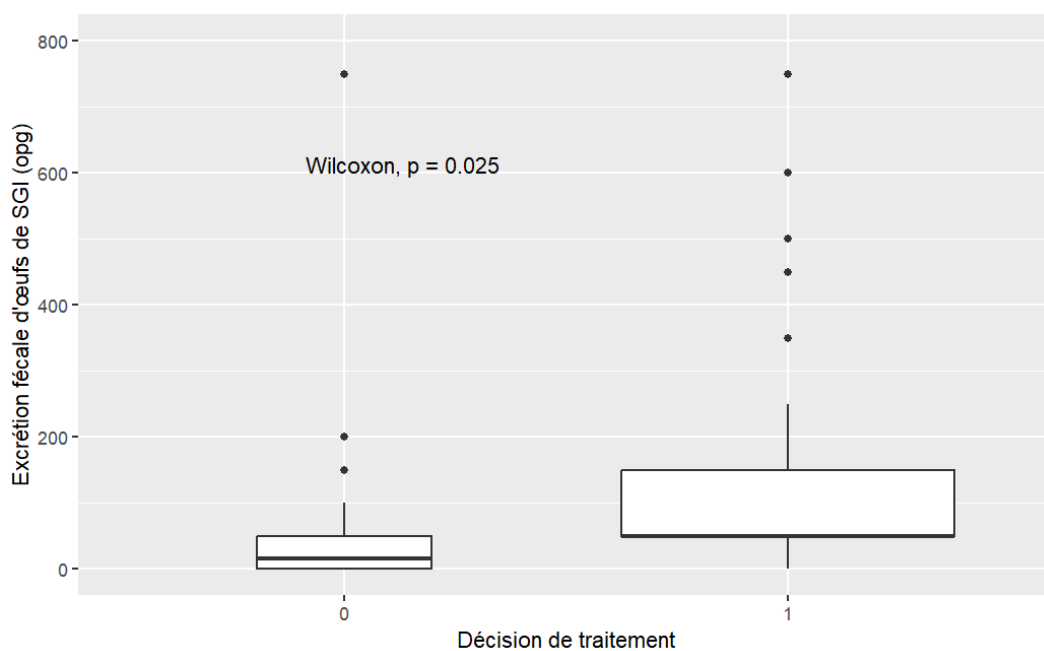


Figure 62 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la décision de traitement lors de TCS\_C\_3

Comme dit précédemment, les brebis ne pâturaient pas sur les mêmes parcelles. L'herbe du pâturage classique était plus riche en cellulose et les agneaux de ces brebis recevaient des concentrés depuis le 05/05/2022 alors que l'herbe du pâturage cellulaire était plus verte et les agneaux consommaient des concentrés depuis seulement 10 jours. Toutefois les excréments ne sont pas significativement différentes comme le montre la figure 63. En revanche, les brebis du lot pâturage cellulaire présentaient significativement plus de trace de diarrhée que celle du lot pâturage classique (p-value selon le test de Wilcoxon de 0,004) ce qui a conduit à traiter 84% des brebis de ce lot contre 71% des brebis du lot pâturage classique.

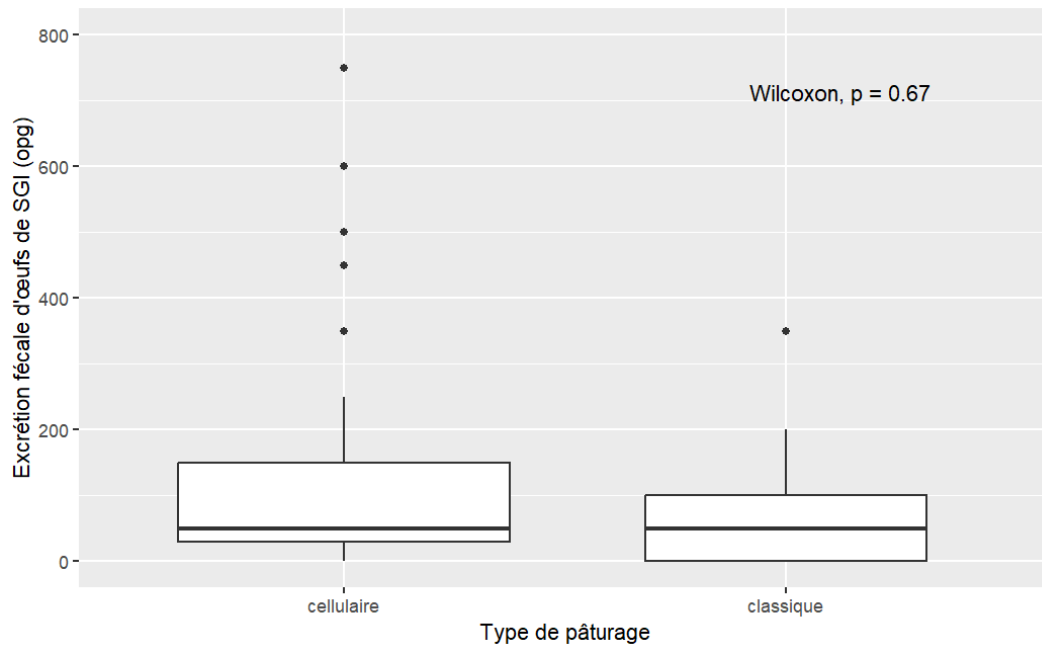


Figure 63 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon le type de pâturage lors de TCS\_C\_3

La présence de trace de diarrhée fait partie de notre arbre décisionnel car elle peut être d'origine parasitaire. La figure 64 montre qu'il n'y a pas de différence significative d'excrétion fécale d'œufs de SGI entre les brebis présentant des traces de diarrhée et les autres.

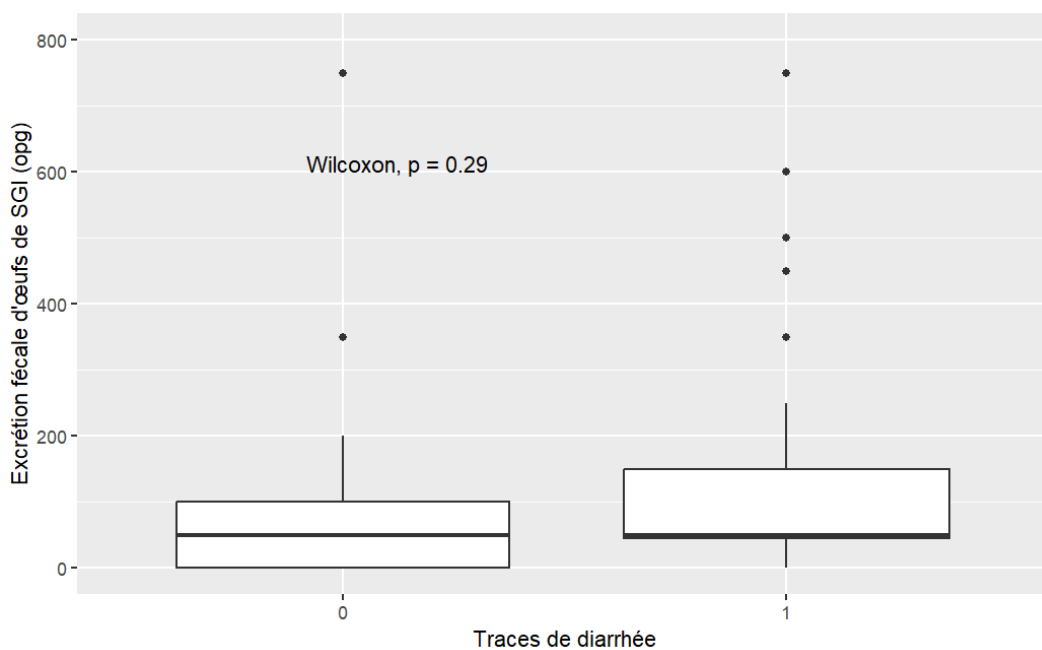


Figure 64 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la présence (1) ou l'absence (0) de traces de diarrhée lors de TCS\_C\_3

Concernant l'excrétion des brebis selon leur millésime, aucune différence significative n'a été mise en évidence à l'occasion de cette manipulation (figure 65).

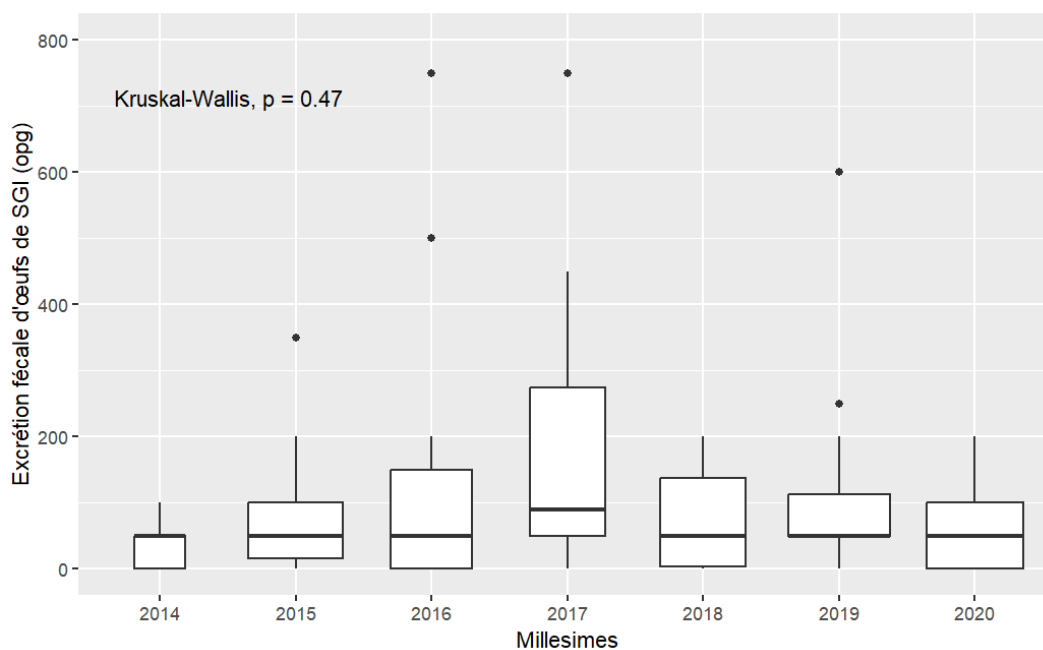


Figure 65 : Excrétion fécale d'oeufs de SGI selon le millésime lors de TCS\_C\_3

Si l'on s'intéresse maintenant aux notes d'état corporel, la figure 66 met tout d'abord en évidence une moins grande dispersion des valeurs par rapport aux manipulations précédentes. Chez les jeunes notamment (millésime 2020), la NEC moyenne était de 2 lors du deuxième TCS (effectif de 30) et elle n'est que de 1,5 lors de cette manipulation (effectif de 18).

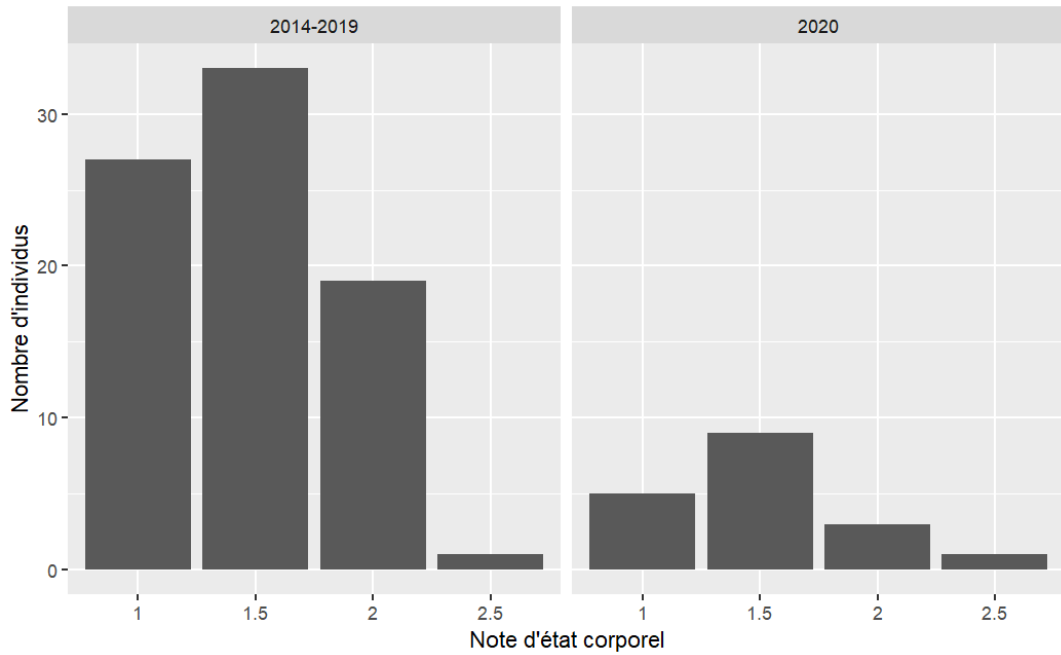


Figure 66: Note d'état corporel selon le millésime lors de TCS\_C\_3

Concernant l'excrétion fécale d'œufs de SGI en fonction de la NEC, aucune différence significative n'a été mise en évidence (figure 67).

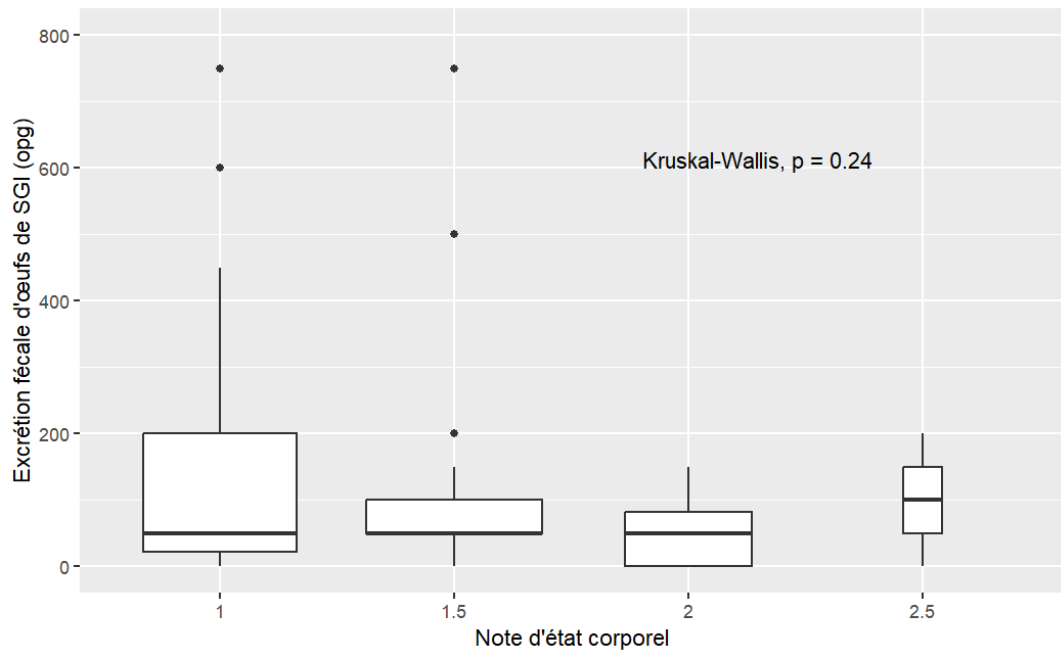


Figure 67 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la NEC lors de TCS\_C\_3

Enfin, la figure 68 montre que le berger juge parfois satisfaisant des brebis à NEC faible (1 – 1,5).

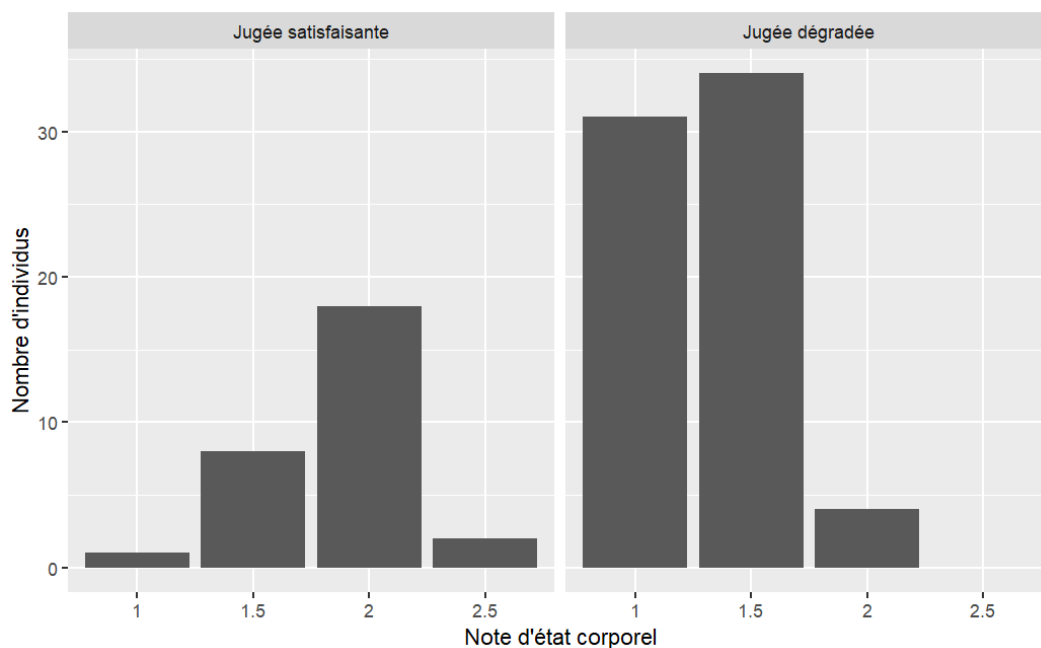


Figure 68 : Relation entre la NEC et le jugement de l'état du berger lors de TCS\_C\_3

#### 3.2.1.4.4 Conséquence du TCS sur les performances zootechniques

Au moment de ce TCS, les brebis allaitaient toujours leurs agneaux. La figure 69 présente les poids des agneaux au sevrage en fonction de la décision de traitement. Celui-ci est en moyenne de 27,6 kg si les brebis n'ont pas été traitées et de 29,5 kg si les brebis l'ont été et la différence n'est pas significative. De plus, on n'observe pas de différence significative de poids au sevrage en fonction du type de pâturage (p-value selon le test de Wilcoxon de 0,73).

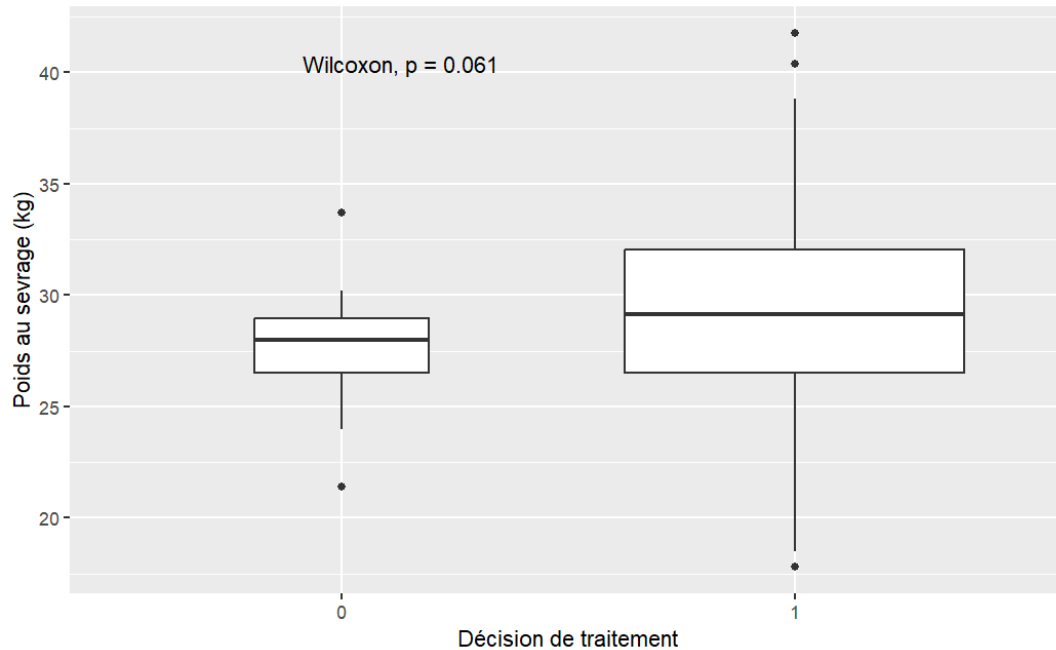


Figure 69 : Poids des agneaux au sevrage en fonction de la décision de traitement lors de TCS\_C\_3

Les brebis de ce lot ont été tariées début août 2022 puis remises en lutte en octobre avec d'autres afin d'avoir des agnelages en mars 2023. Ce lot représente 202 brebis nées entre février 2022 et février 2015. La lutte a duré un mois et toutes les brebis ont reçu de la Cydectine® par voie orale le 01/12/2022 et du Zaniil® le 09/12/2022. Des échographies ont été réalisées le 13/01/23 et montrent un taux de fertilité de 92,5%. Au sein de ce lot, 72 brebis étaient présentes au moment de la troisième mise en place de TCS dans l'élevage C. Le taux de remplissage est de 94,4% pour ces brebis.

Par ailleurs, 69 brebis pleines sur les 202 ont été jugées maigres. Elles ont été rentrées afin d'avoir une complémentation alimentaire. Parmi elles, 21 étaient présentes au moment du 3<sup>ème</sup> TCS et seules 3 d'entre elles n'avaient pas été traitées.

### 3.2.1.4.5 Matrice de corrélation de Spearman

La figure 70 présente la matrice de corrélation de Spearman se rapportant au troisième TCS de l'élevage C.

Il est tout d'abord frappant de voir que les valeurs d'excrétion fécale ne sont corrélées avec aucun autre paramètre. Conformément à l'arbre décisionnel, l'administration d'un traitement a été lié à des NEC faibles et à la présence de trace de diarrhée.

Concernant la NEC, on remarque que la présence de trace de diarrhée est corrélée avec un moins bon état corporel. Par ailleurs les brebis du pâturage classique présentent une meilleure NEC que celles du pâturage cellulaire qui présentent plus de traces de diarrhée.

Enfin, les brebis maigres rentrées en bergerie en janvier 2023 présentaient déjà un faible état corporel en juillet 2022.

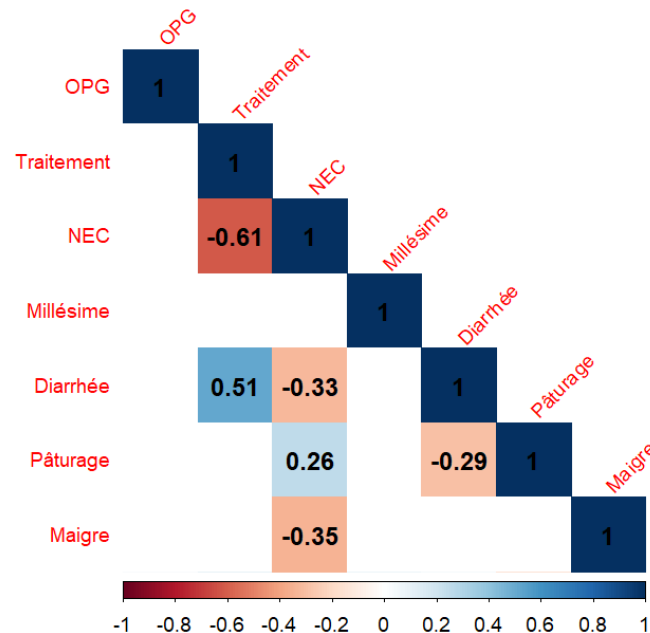


Figure 70 : Matrice de corrélation de Spearman pour TCS\_C\_3



### **3.2.1.5 Conclusion partielle élevage C**

Au cours du premier TCS, 66,6% des brebis ont été traitées avec du monépantel. **L'appréciation de l'état corporel** par le berger a été le critère le plus utilisé pour sélectionner les brebis à traiter. **Les excréments fécaux d'œufs de SGI sont faibles.** Elles sont significativement supérieures dans un des trois prés pâturés par les brebis et chez les brebis n'ayant pas participées au FECRT 2021. **Par ailleurs, on n'observe pas de différence de poids au sevrage entre agneaux de mères traitées ou non lors du premier TCS.**

Lors du deuxième TCS, réalisé avant la mise en lutte, 65% des brebis ont été traitées avec du monépantel. **L'état corporel** a également été le critère principalement utilisé par l'éleveur. Les excréments fécaux d'œufs de SGI étaient plus élevées que la première fois. **Les brebis ayant reçu un traitement excrétaient significativement plus que celles non traitées. Les plus jeunes et les brebis de NEC inférieure ou égale à 2 présentaient une excrétion supérieure aux autres. De plus, il n'y a pas de différence significative concernant la taille de la portée, le poids moyen des agneaux à la naissance et le poids âge-type 30 jours.**

Enfin pour le troisième TCS, 78,6% des brebis ont été traitées. **L'état corporel et la présence de traces de diarrhée** ont été les critères principalement utilisés. Le critère « présence de trace de diarrhée » a été utilisé plus souvent que les deux premières fois. **L'excrétion fécale d'œufs de SGI était faible à nouveau. Les brebis traitées excrétaient significativement plus d'œufs de SGI que les brebis non traitées. Par ailleurs, il n'y a pas de différence de poids des agneaux au sevrage entre ceux dont les mères ont été traitées et les autres.**

Au bilan, 53 brebis ont été incluses dans les 3 manipulations de TCS. La figure 71 reprend le nombre de traitement à l'occasion des TCS. Près de 40% des brebis ont été traitées les 3 fois, un tiers a été traité 2 fois, un quart une fois seulement et 2 brebis n'ont jamais été traitées. Sur cette période de 13 mois et 2 agnelages, les brebis ont reçu en moyenne 2 traitements liés à notre étude.

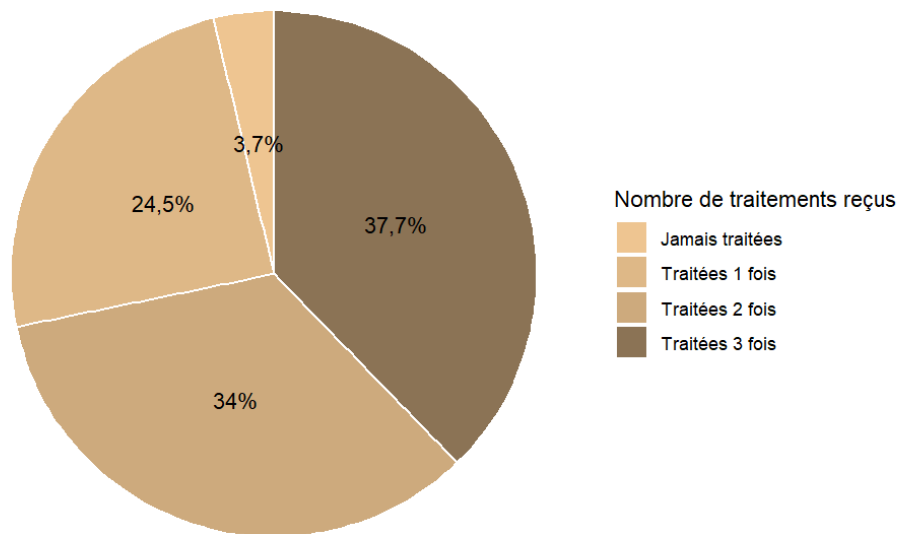


Figure 71: Répartition des 53 brebis ayant participé aux 3 TCS selon le nombre de traitements reçus

Ainsi au cours de notre étude, nous pouvons remarquer que les **différentes populations de strongles gastro-intestinaux évoluent avec le temps** avec une plus grande diversité d'espèces de juin à septembre (figure 72). Malgré cela la catégorie de *T. circumcincta* et *Trichostrongylus spp* reste surreprésentée au cours du temps, avec par moment une population uniquement constituée de *T. circumcincta*.

### Helminthofaune 2021-2022 élevage C

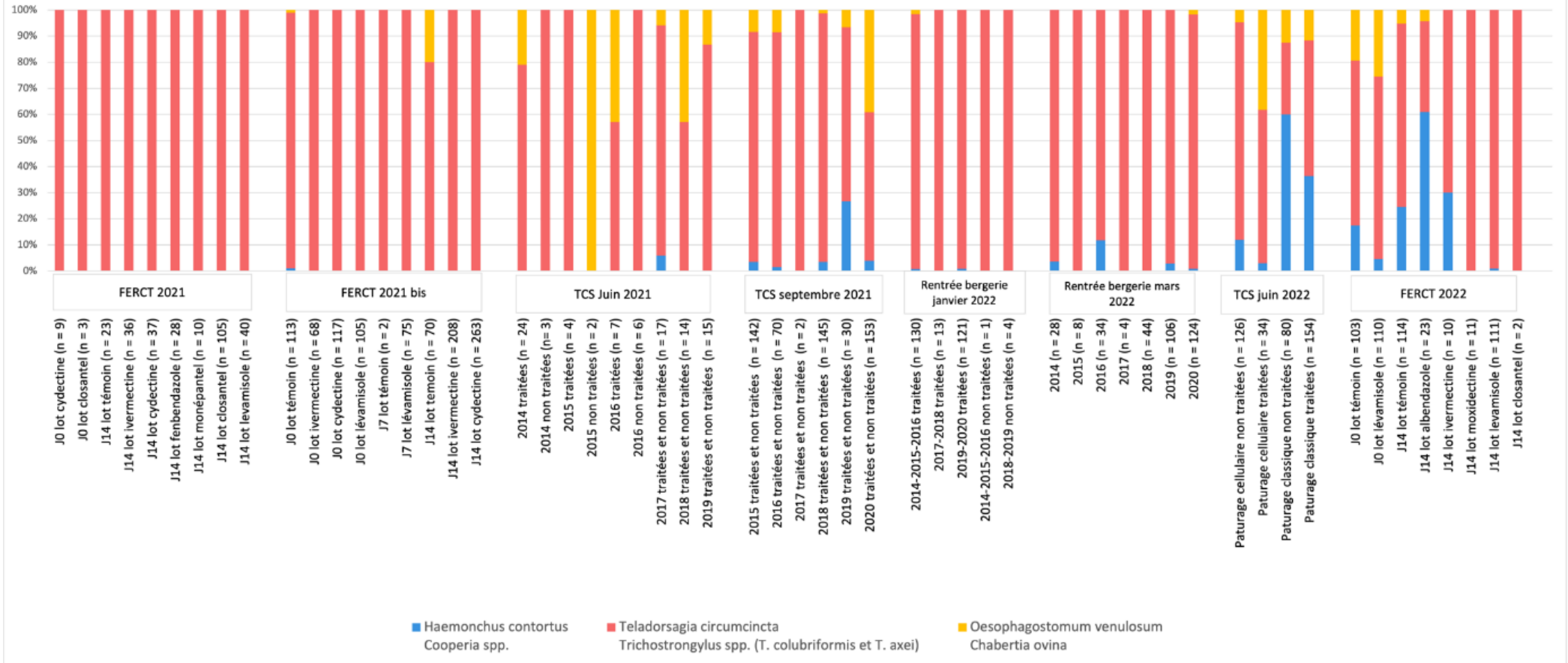


Figure 72 : Helminthofaune 2021-2022 élevage C, n = nombres de larves observées

La figure 73 présente l'évolution des NEC au cours des différents TCS. On remarque qu'elles sont restées stable au cours du temps mais que **la variabilité a fortement diminué** au moment de la troisième manipulation.

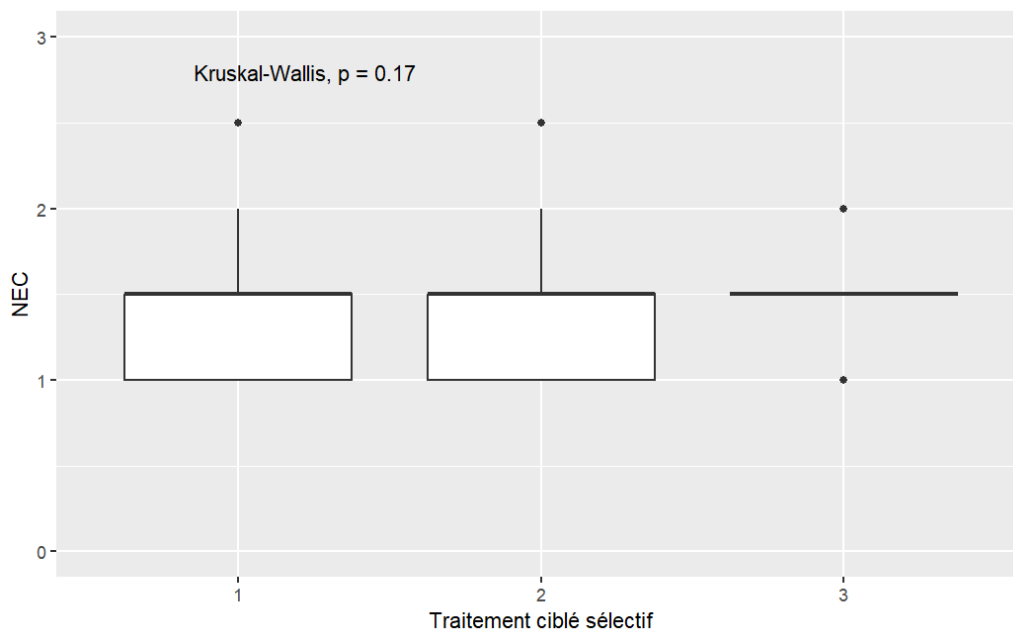


Figure 73 : Evolution des NEC des 53 brebis présentent aux 3 TCS

Concernant les niveaux d'excrétion fécale en revanche (figure 74), on note une excrétion significativement supérieure au moment du deuxième TCS. Les brebis étaient au pâturage depuis plusieurs mois.

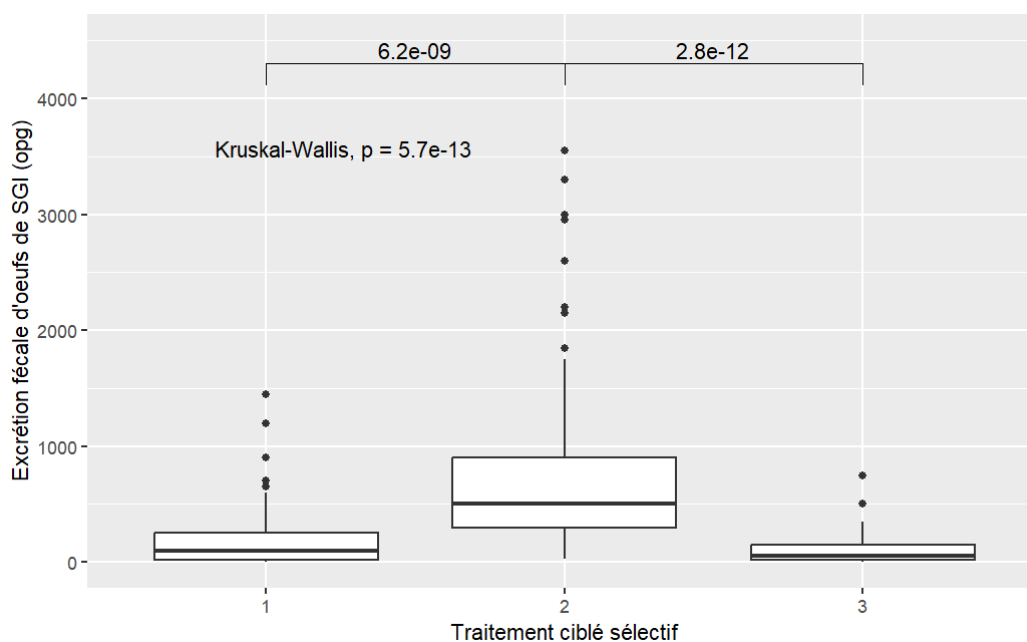


Figure 74 : Evolution de l'excrétion fécale d'oeufs de SGI chez les brebis ayant participées au 3 TCS

La figure 75 permet d'étudier la sensibilité et la spécificité de l'arbre décisionnel en regard de l'excrétion fécale selon une courbe ROC. Sur l'ensemble des manipulations de l'élevage C, l'index de Youden est le plus discriminant pour un seuil à 50 opg. On a alors une sensibilité de 0,78, une spécificité de 0,43, une VPP de 75,6 et une VPN de 47,7. La plus petite distance au carré est atteinte pour un seuil à 90 opg, correspondant alors à une sensibilité de 0,61, une spécificité de 0,60, une VPP de 77,4 et une VPN de 41,0.

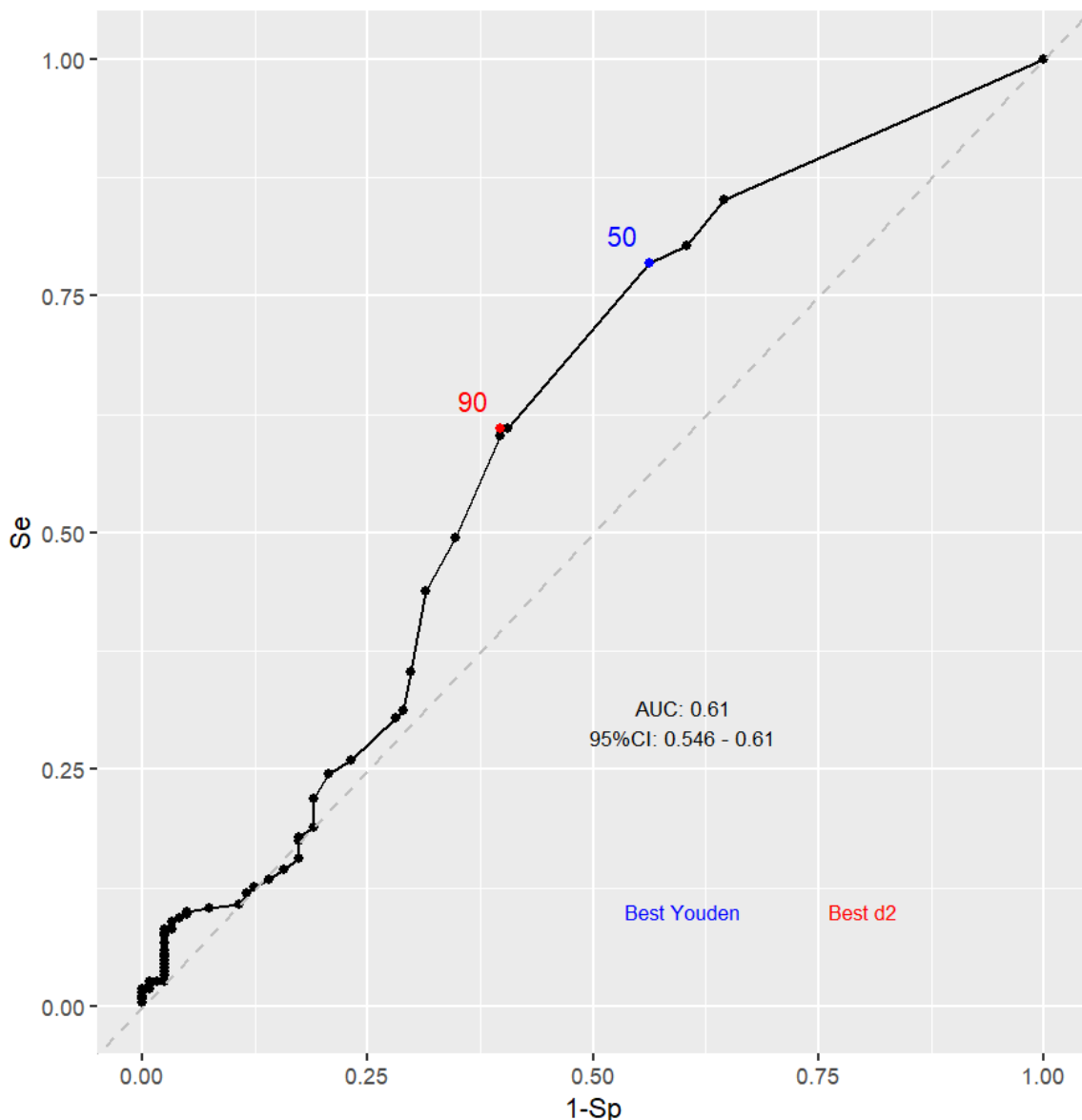


Figure 75 : Étude de la sensibilité et de la spécificité de la prise de décision dans l'élevage C

Pour chaque manipulation réalisée dans l'élevage C, le tableau 39 présente les seuils d'opg les plus discriminants ainsi que les sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées.

*Tableau 39 : Seuil d'opg, sensibilité, spécificité, VPP et VPN de la prise de décision pour chaque manipulation de l'élevage C*

<b>Manipulation</b>	<b>J</b>	<b>D<sup>2</sup></b>	<b>Se</b>	<b>Sp</b>	<b>VPP</b>	<b>VPN</b>
<b>TCS_C_1</b>	90		0,55	0,64	75,4	41,5
<b>TCS_C_2</b>	100		0,77	0,50	74,1	53,7
<b>TCS_C_3</b>	30		0,77	0,52	85,5	37,9
<b>Ensemble</b>	50 90		0,78 / 0,61	0,43 / 0,60	75,6 / 77,4	47,7 / 41,0

## 3.2.2 Élevage F

### 3.2.2.1 TCS pâturage 2021

#### 3.2.2.1.1 Proportion d'animaux traités et excréation

Le premier traitement ciblé sélectif de l'élevage F a eu lieu le 13/09/21 après que les brebis aient pâturé des landes durant l'été. Elles sont gestantes à ce moment-là avec des agnelages prévus en novembre. 131 brebis ont été incluses dans cette manipulation. Seules 36,6% d'entre elles ont été traitées (figure 76) suite à l'application de l'arbre décisionnel.

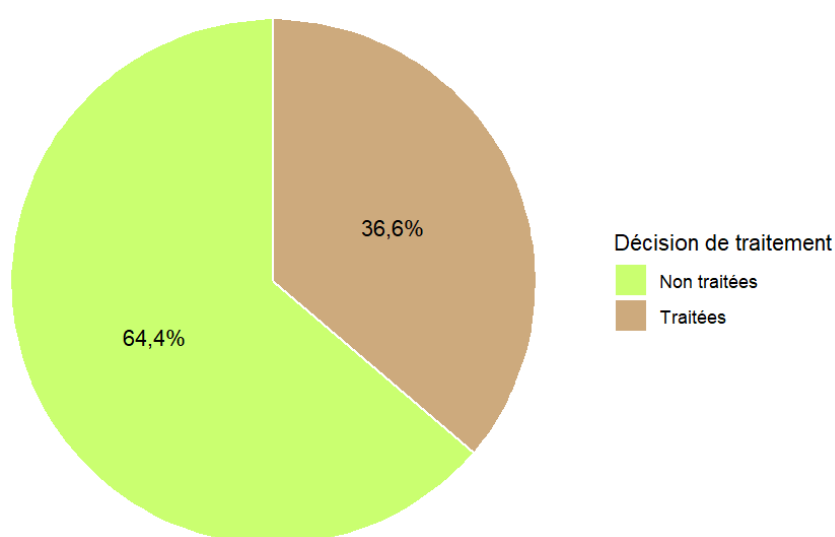


Figure 76 : Répartition des brebis traitées ou non lors de TCS\_F\_1

Des coproscopies individuelles ont été réalisées à partir des matières fécales récoltées au moment du TCS. L'excrétion moyenne était de 478,3 opg et la médiane de 250 opg. La figure 77 montre ces excrétions classées par ordre croissant : 64,9% des brebis sont faibles excrétrices et seules 15,3% des brebis sont fortes à très fortes excrétrices.

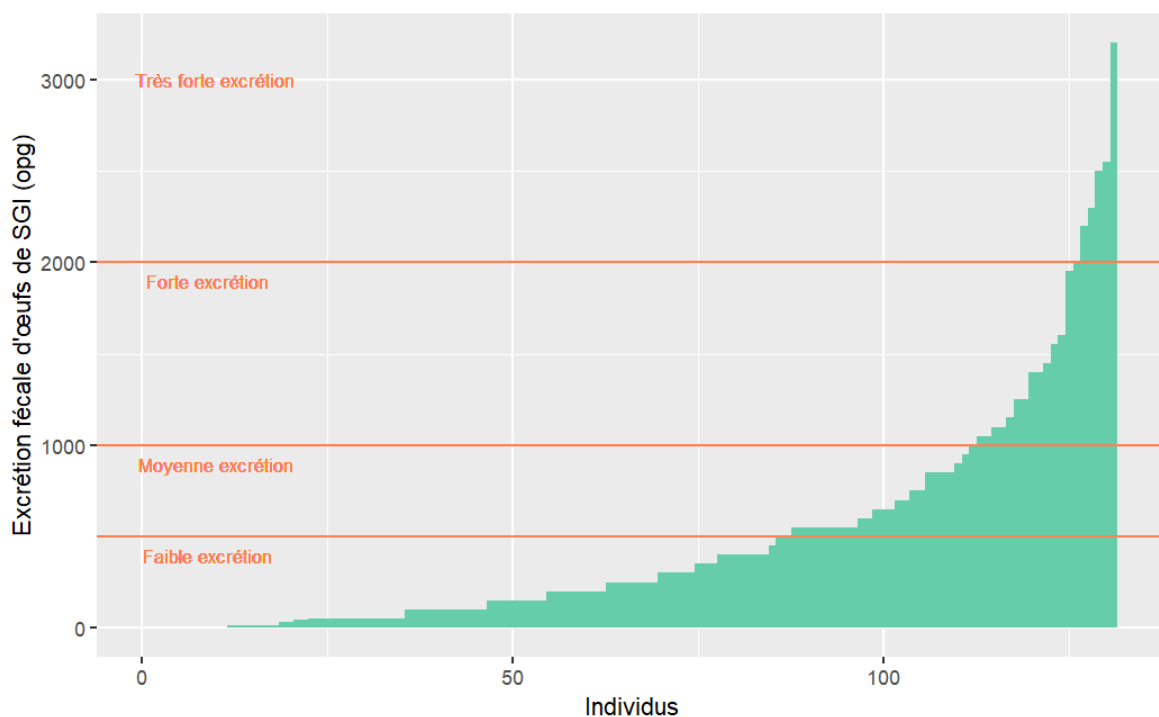


Figure 77 : Excrétion fécale d'oeufs de SGI classés par ordre croissant lors de TCS\_F\_1

### 3.2.2.1.2 Helminthofaune en présence

L'analyse de l'helminthofaune n'a pas pu être réalisée pour cette manipulation.



### 3.2.2.1.3 Évaluation des critères de l'arbre décisionnel

L'excrétion selon le mode de traitement est significativement supérieure pour les brebis ayant été traitées que pour les brebis ne l'ayant pas été (figure 78). Cependant, on voit que certaines brebis fortes excrétrices (>1000 opg) sont passées entre les mailles du filet.

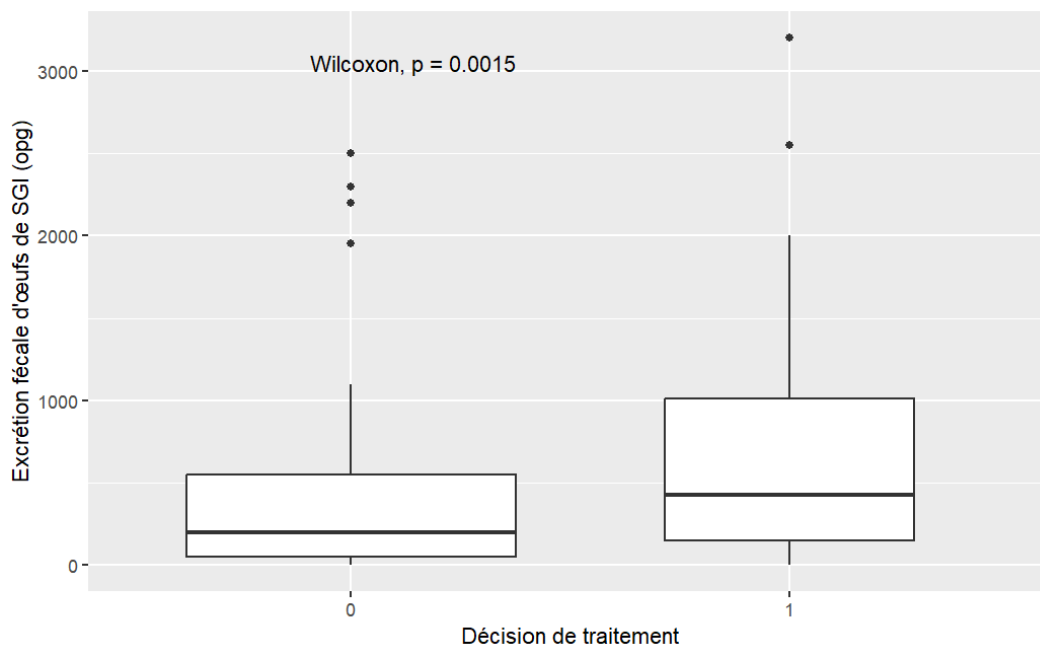


Figure 78 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) lors de TCS\_F\_1

L'excrétion fécale selon le millésime est présentée sur la figure 79. On observe une excrétion significativement supérieure des brebis du millésime 2020 par rapport aux brebis du millésime 2017, 2015, 2014 et 2013. Cependant les effectifs de ces trois dernières classes d'âge sont faibles (n=2, 18 et 6 respectivement). En faisant 2 classes d'âge : 2020 et 2013-2018 on retrouve une différence d'excrétion significativement supérieure pour les jeunes brebis (p-value selon le test de Wilcoxon = 0,012).

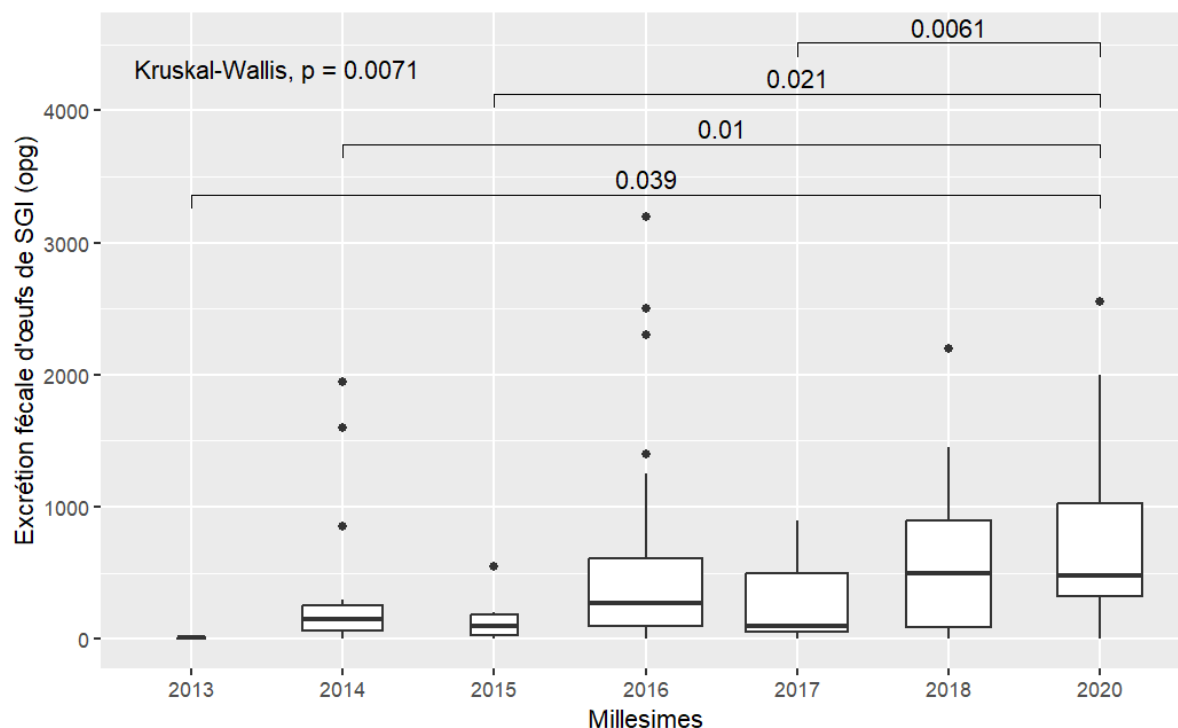


Figure 79 : Excrétion fécale selon le millésime lors de TCS\_F\_1

Lors de cette manipulation, 7 brebis présentaient des traces de diarrhée. On ne retrouve pas de différence d'excrétion significative (p-value selon le test de Wilcoxon de 0,41) mais 2 d'entre elles étaient fortes excrétrices ce qui laisse penser que leur diarrhée était d'origine parasitaire.

Concernant les NEC, elles s'étaient pour cette manipulation de 1,5 à 4 avec une NEC moyenne de 2,56. La figure 80 présente les excrétions fécales d'œufs de SGI selon la NEC. Aucune différence significative n'est observée. On remarque toutefois que les brebis très fortes excrétrices ont des NEC de 2,5 et 3.

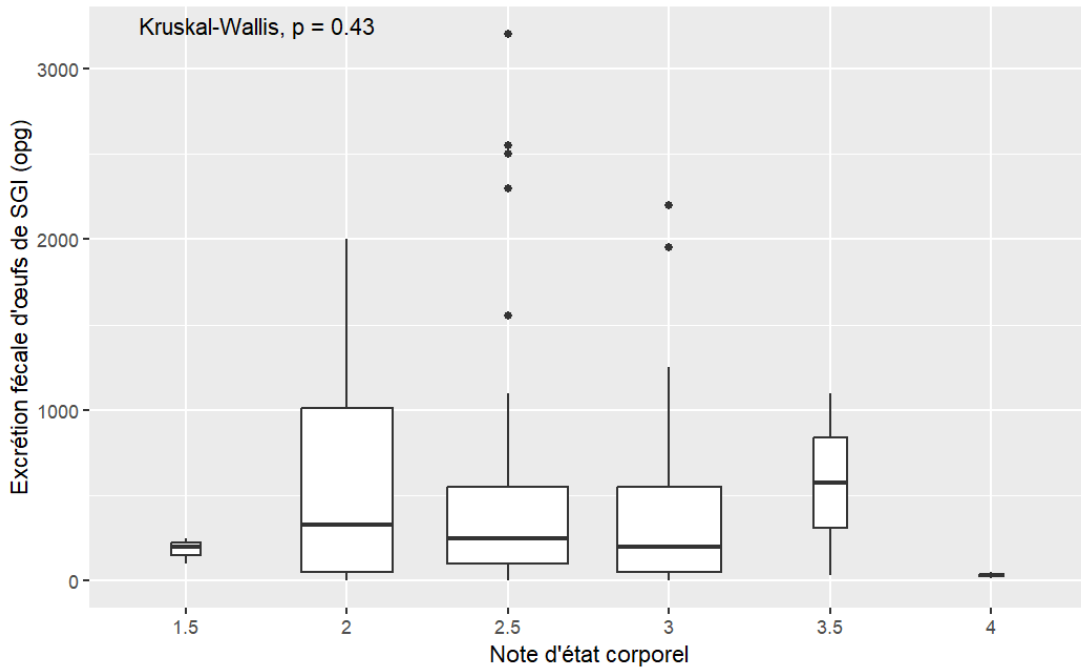


Figure 80 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la NEC lors de TCS\_F\_1

La figure 81 montre la répartition des NEC selon la décision de traitement. On remarque que 8 brebis ayant une NEC de 3 ont été traitées. 4 d'entre elles sont des jeunes traitées systématiquement selon notre arbre décisionnel.

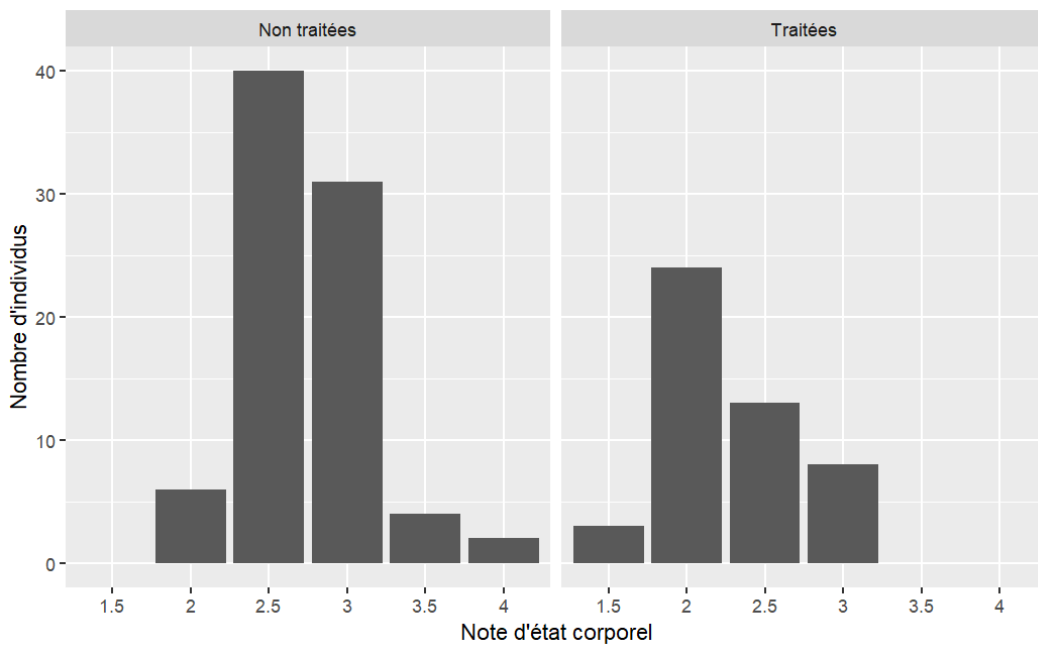


Figure 81 : Répartition des NEC selon la décision de traitement lors de TCS\_F\_1

Si l'on regarde la relation entre la NEC et l'appréciation de l'état par l'éleveur (figure 82), un seuil semble se dessiner autour d'une valeur de NEC de 2. Toutefois 2 brebis de NEC supérieure à 2 ont été jugées avec un état dégradé car leur laine n'était pas de bonne qualité pour le berger. L'une excréta 400 opg, l'autre 1250 opg.

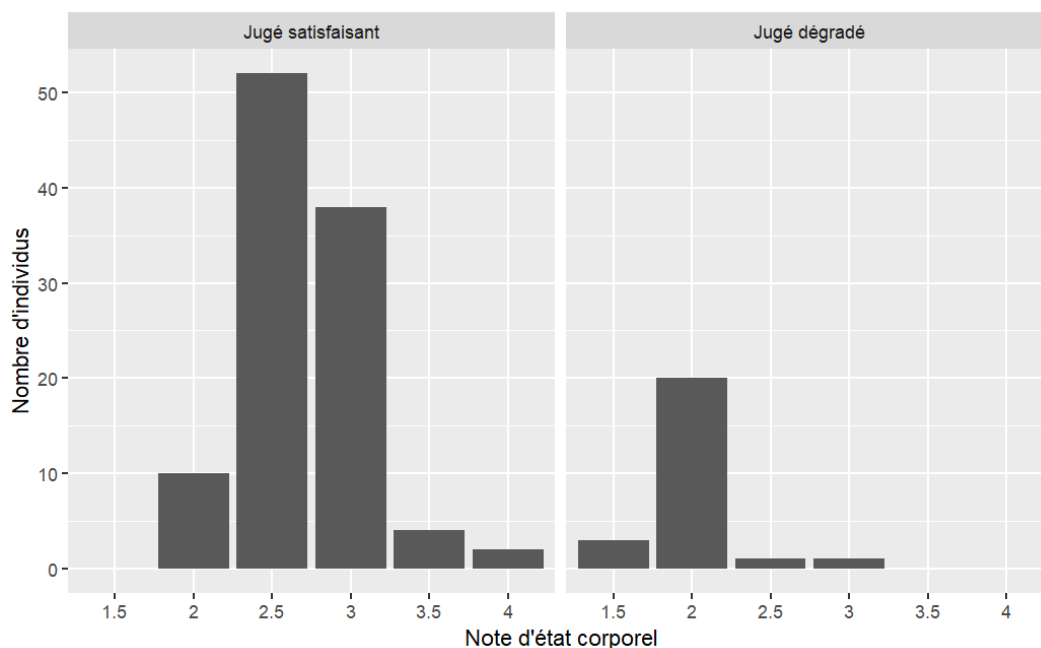


Figure 82: Relation entre la NEC et l'appréciation de l'état par le berger lors de TCS\_F\_1

#### 3.2.2.1.4 Conséquences du TCS sur les performances zootechniques

La figure 83 présente la taille de portée selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0). On n'observe pas de différence significative, sachant que la taille de portée moyenne des brebis traitées est de 1,6 et que celle des brebis non traitées est de 1,7 et que le TCS est intervenu après la mise en lutte.

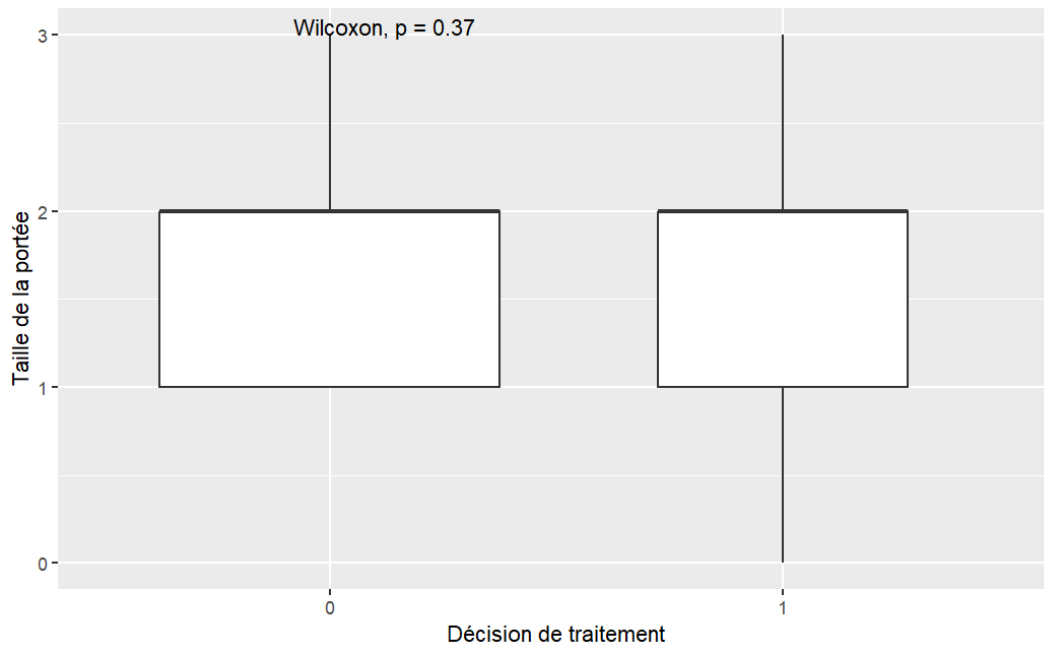


Figure 83: Taille de la portée selon la décision de traitement lors de TCS\_F\_1

Concernant le poids moyen des agneaux de la portée (figure 84), il est de 5,7 kg pour les agneaux issus de brebis non traitées et de 5,2 pour les agneaux issus de mères traitées, sans différence significative. C'est ce facteur qui aurait pu être le plus impacté par le traitement puisque ce dernier a eu lieu dans le dernier tiers de gestation, au moment où la croissance des agneaux intra-utérin est la plus forte.

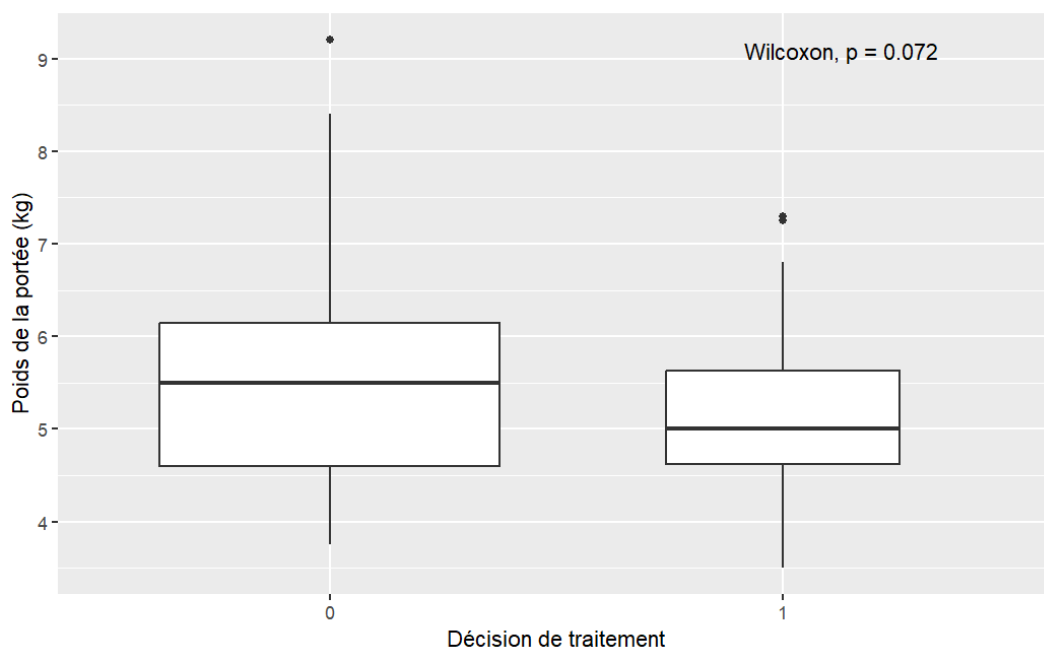


Figure 84 : Poids moyen des agneaux de la portée selon la décision de traitement lors de TCS\_F\_1

Enfin, la mortalité (avortement, agneaux morts-nés) n'est pas significativement différente en fonction de la décision de traitement (p-value selon Wilcoxon-test de 0,19).

### 3.2.2.1.5 Matrice de corrélation de Spearman

La figure 85 présente la matrice de Spearman de cette manipulation.

On voit que les valeurs d'excrétion fécales d'œufs de SGI sont corrélées avec le traitement c'est-à-dire que le traitement a bien ciblé des brebis plus fortement excrétrices. Les excréctions sont également corrélées avec des poids de portées plus faibles : les brebis qui excrétaient plus au moment du TCS ont eu des agneaux de plus petit poids. Par ailleurs, il existe une différence significative de poids moyen de la portée si les brebis excrétaient plus de 500 opg au moment du TCS (p-value selon le test de Wilcoxon de 0,00025).

Ensuite, on voit que l'administration d'un traitement est corrélée à la NEC, l'âge et la présence de traces de diarrhée, conformément à notre arbre décisionnel.

On note par ailleurs que la présence de traces de diarrhée concerne les brebis plus jeunes.

Enfin, une taille de portée plus grande est corrélée avec des poids de naissance plus faibles.

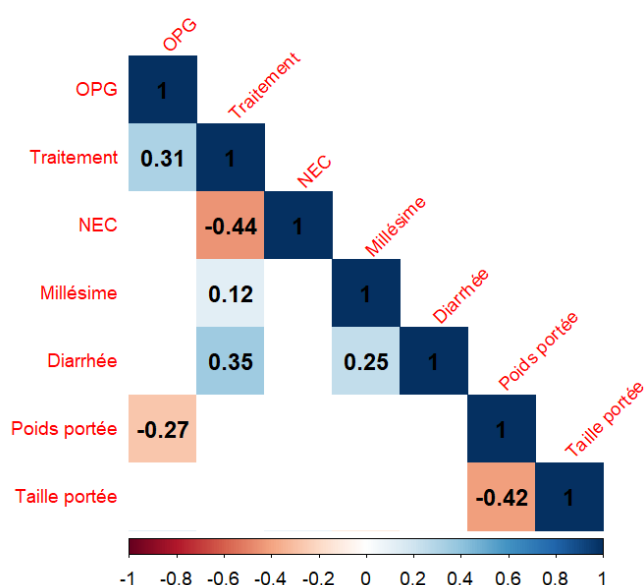


Figure 85 : Matrice de corrélation de Spearman à l'occasion de TCS\_F\_1

### 3.2.2.2 Rentrée en bergerie octobre 2021

A la rentrée en bergerie, le 26/10/2021, des matières fécales ont été prélevées afin de réaliser des coproscopies individuelles. La figure 86 présente les excrétions fécales d'œufs de SGI selon que les brebis ont été traitées ou non lors du TCS, 6 semaines plus tôt. A ce moment-là, l'excrétion moyenne était de 800 opg et la médiane de 250 opg. On ne note aucune différence significative d'excrétion entre les deux modalités bien que l'excrétion des brebis non traitées soit plus ramassée que celle des brebis traitées. A la lumière de ces résultats (excrétion moyenne >500 opg), un traitement de tout le lot a été effectué avec de l'ivermectine.

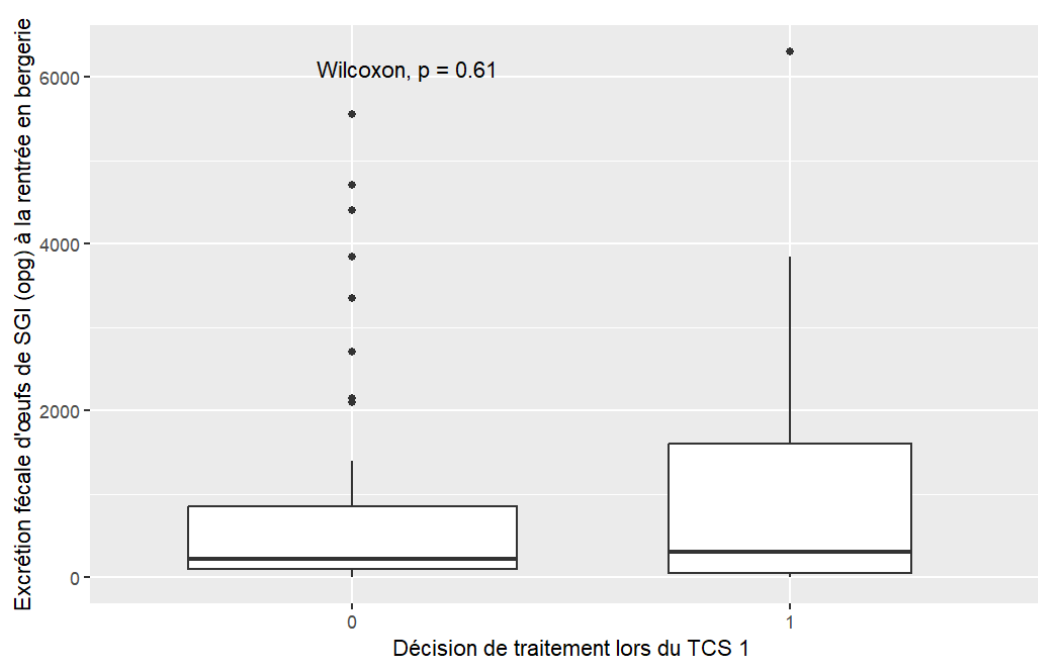


Figure 86 : Excrétion fécale d'œufs de SGI à la rentrée en bergerie selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0) lors de TCS\_F\_1

Des coprocultures ont ensuite été réalisées selon l'année de naissance et l'administration d'un traitement ou non lors du précédent TCS. L'helminthofaune (figure 87), présente une diversité des espèces avec 2 catégories : *Haemonchus contortus* / *Cooperia* spp et *Teladorsagia circumcincta* / *Trichostrongylus* spp. Nous pouvons également remarquer que les plus jeunes hébergent plus de larves de la catégorie de *T. circumcincta* / *Trichostrongylus* spp que les plus vieilles et à l'inverse, celles-ci hébergent plus de larves de la catégorie d' *H. contortus* / *Cooperia* spp. Qu'elles aient

reçues un traitement précédemment ou non ne semble pas avoir d'incidence sur l'helminthofaune.

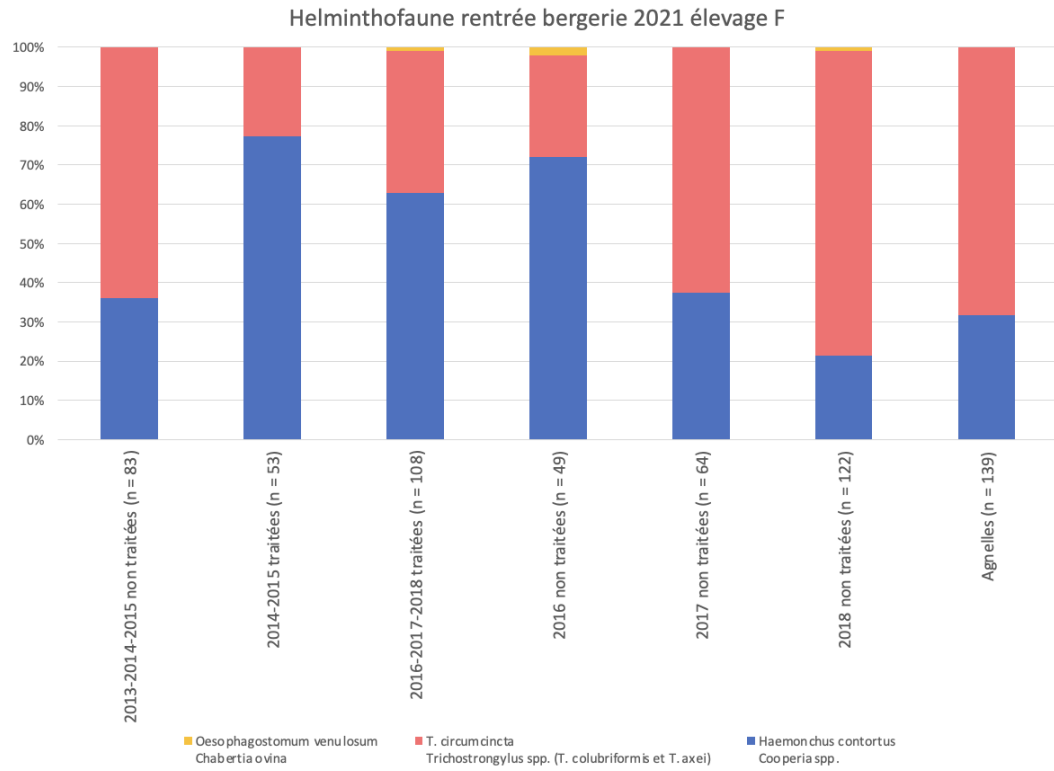


Figure 87 : helminthofaune rentrée en bergerie octobre 2021 élevage F

### 3.2.2.3 TCS pâturage 2022

Après la mise à l'herbe (21/03/2022), des coproscopies de mélange ont été réalisées pour suivre l'infestation des animaux dans le temps. On remarque que début août, les excréments ont dépassé les 1000 opg. Il a donc été décidé de réaliser un traitement ciblé sélectif. En raison des contraintes d'emploi du temps, il n'a pu être effectué que le 19/09/2022.



### 3.2.2.3.1 Proportion d'animaux traités et excréation

Les brebis sont gestantes à ce moment-là avec des agnelages prévus en novembre. Des échographies ont été réalisées le 24/08/2022 permettant de trier les brebis selon qu'elles portent un agneau ou plus. 137 brebis ont été incluses dans cette manipulation et 43,8% d'entre elles ont été traitées (figure 88). Toutefois, ces brebis faisaient parties d'un lot de 188 animaux dont les moins en état ont été traitées le 14/09/2022 avec du Supaver<sup>®</sup>.

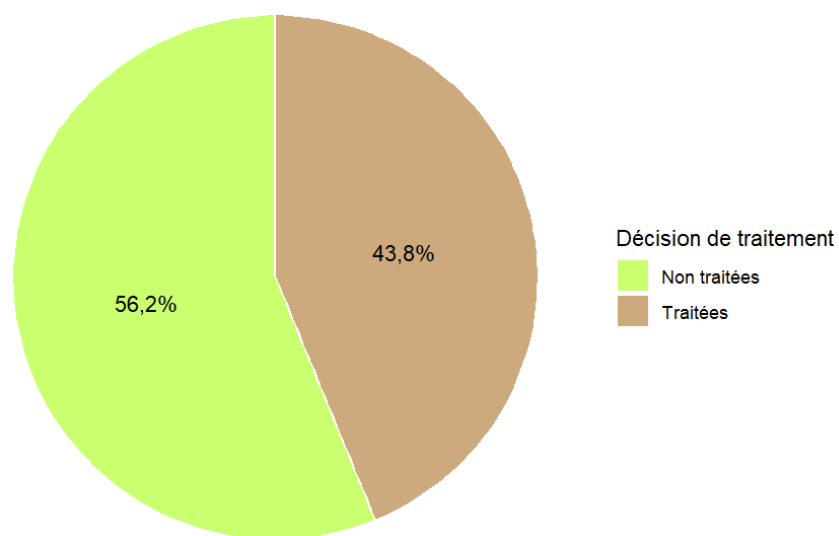


Figure 88 : Répartition des brebis selon qu'elles ont été traitées ou non lors de TCS\_F\_2

L'excrétion moyenne était de 2526 opg et la médiane de 1950 opg, ce qui est beaucoup plus élevé que dans les manipulations réalisées jusqu'alors. La figure 89 montre ces excrétions classées par ordre croissant. Les rapports sont un peu inversés comparé aux précédentes manipulations : seules 15,3% des brebis sont faibles à moyennes excrétrices, 37,2% sont fortes excrétrices et 47,4% sont très fortes excrétrices.

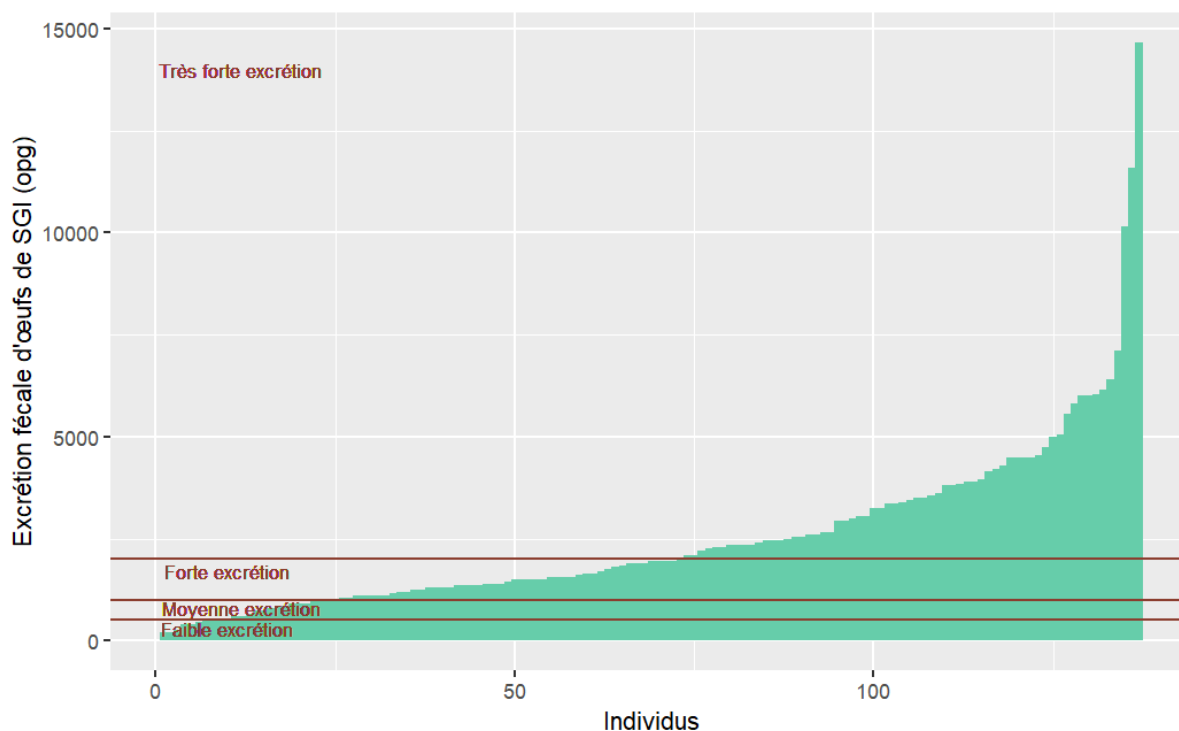


Figure 89 : Excrétion fécale d'œufs de SGI classés par ordre croissant lors de TCS\_F\_2

### 3.2.2.3.2 Helminthofaune en présence

Lors de cette manipulation, l'helminthofaune n'est pas du tout la même que celle présente à la même époque l'année précédente (tableau 40). En effet l'espèce plus que majoritaire est *H. contortus*. Une partie des brebis (51 individus) a été traitée avec du closantel 5 jours avant le TCS. Pour celles-ci, *H. contortus* a disparu de l'helminthofaune mais les autres espèces sont toujours présentes. Ce qui est normal puisque cet anthelminthique n'est efficace uniquement contre les vers hématophages.

Tableau 40 : Helminthofaune de l'élevage F lors de TCS\_F\_2

	<b>Lot</b>	<b>Espèces majoritaires</b>
<b>TCS 2022</b>	Vides non traitées	<i>H. contortus</i> + 5% de <i>T. circumcincta</i>
	Vides traitées	Mélange de toutes les espèces sauf <i>Trichostrongylus</i> spp
	Pleines non traitées	
	Pleines traitées	
	Lot Supaver <sup>m</sup> ®	Mélange <i>Teladorsagia circumcincta</i> / <i>Trichostrongylus</i> spp et <i>Oesophagostomum venulosum</i> / <i>Charbertia ovina</i>

### 3.2.2.3.3 Évaluation des critères de l'arbre décisionnel

L'analyse des excréments selon la décision de traitement (figure 90) montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les brebis traitées et non traitées à l'occasion du traitement ciblé sélectif.

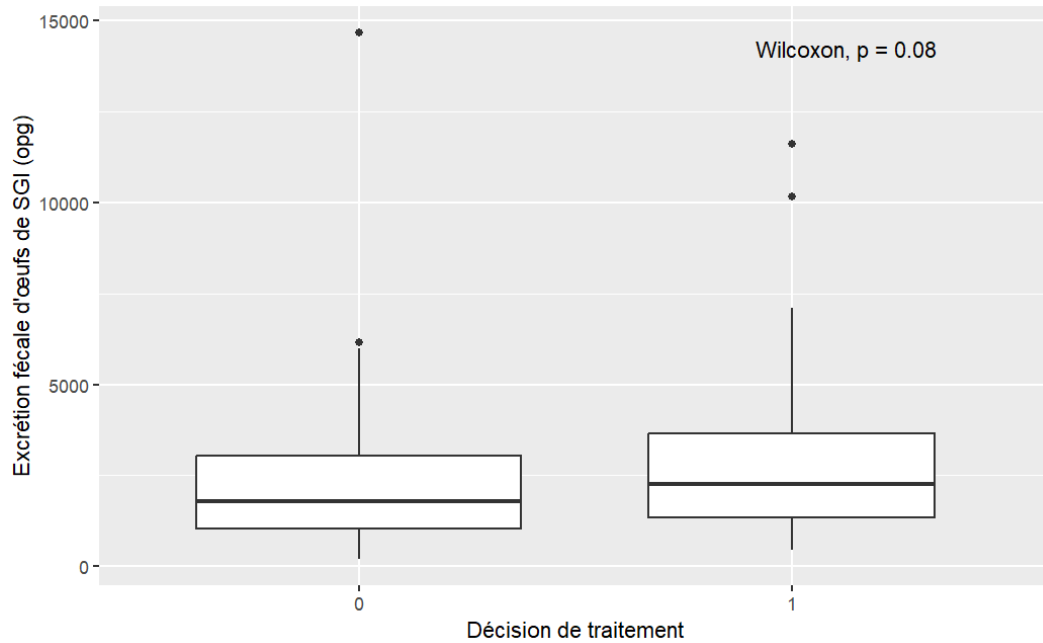


Figure 90 : Excrétion fécale d'oeufs de SGI selon la décision de traitement lors de TCS\_F\_2

Lors de ce traitement ciblé sélectif, les excrétions ne sont pas significativement différentes si l'on regarde millésime par millésime (figure 91). Néanmoins celles-ci le deviennent si l'on regarde les excrétions des brebis de 2020-2021 par rapport à celles de 2014-2019 (p-value selon le test de Wilcoxon de 0,012).

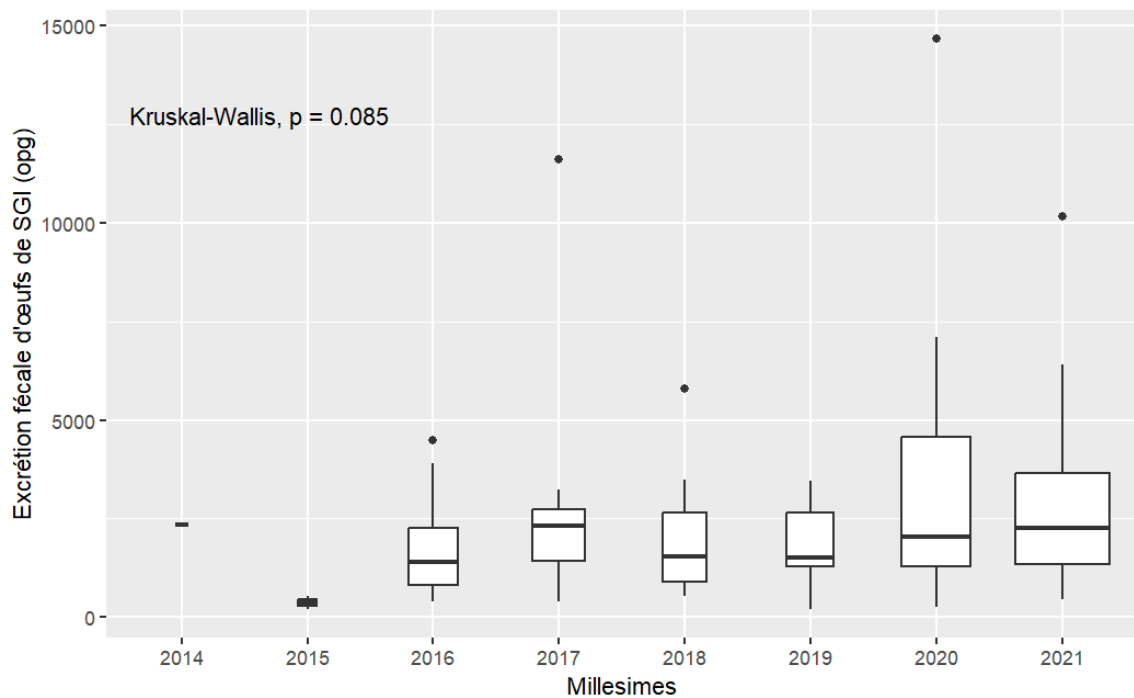


Figure 91 : Excrétion fécale d'oeufs de SGI selon le millésime lors de TCS\_F\_2

Concernant les NEC, les valeurs s'étendent sur une plage de 1,5 à 4,5 avec une moyenne à 2,95. On ne note pas d'excrétion significativement supérieure pour une NEC donnée (figure 92). De plus, on note que les 3 brebis en très bon état (NEC de 4 et 4,5) sont très fortes excrétrices.

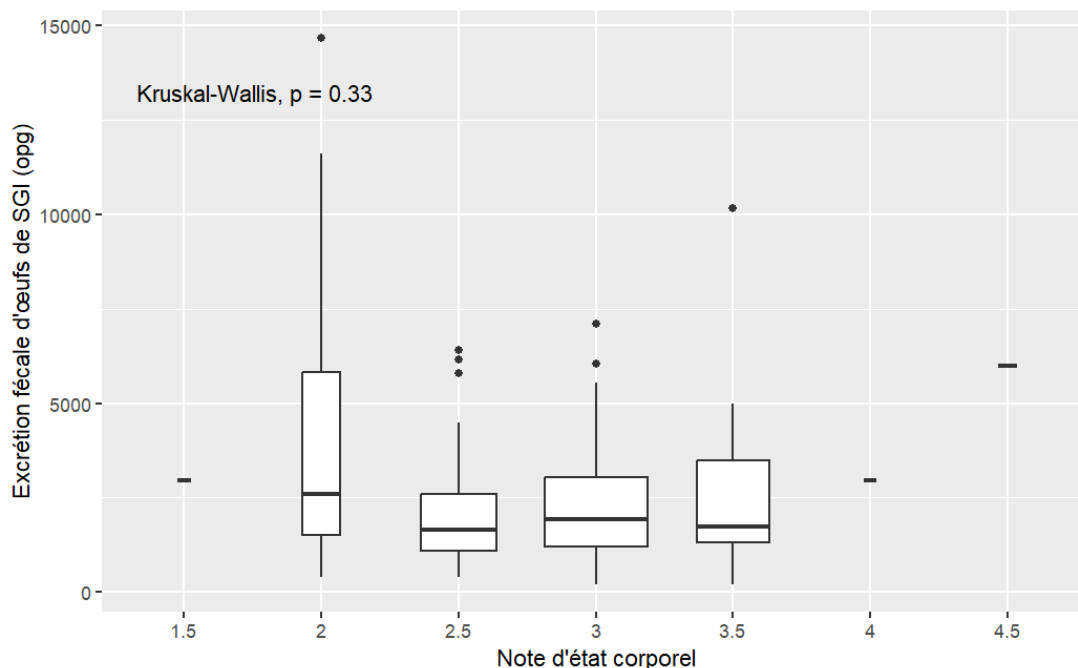


Figure 92 : Excrétion fécale d'œufs de SGI selon la NEC lors de TCS\_F\_2

La figure 93 présente la répartition des NEC en fonction de la décision de traitement. On voit que des brebis à NEC faible ont été laissées non traitées et que certaines à NEC élevées (3-3,5) ont été traitées. Cela s'explique par l'âge des animaux et le fait que ce soit l'appréciation de l'état par l'éleveur qui est prise en compte pour décider ou non d'un traitement.

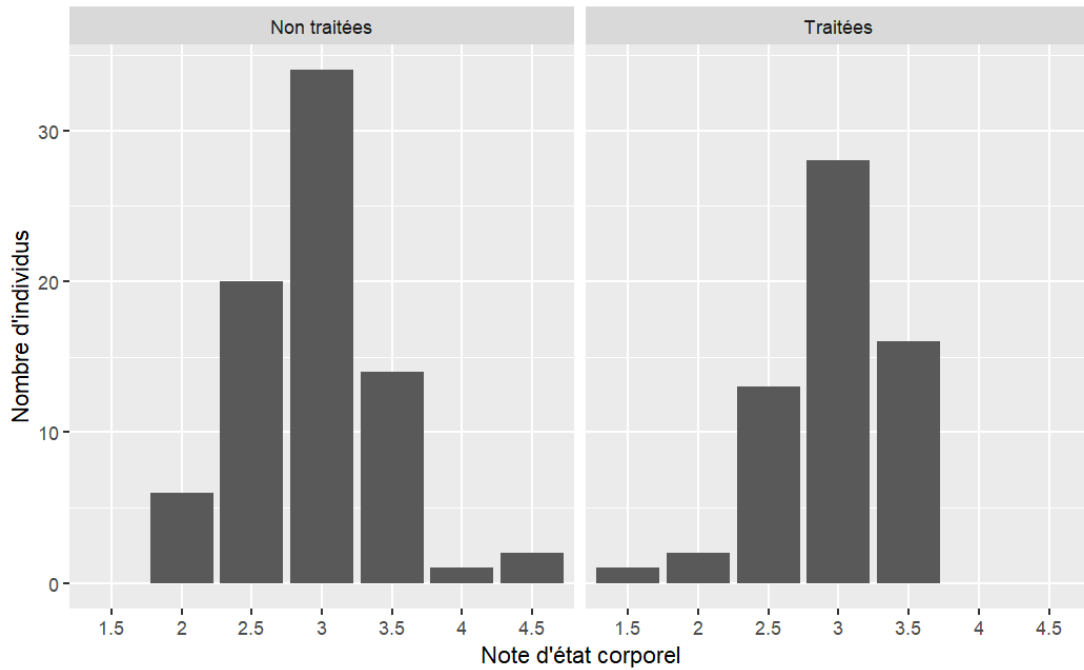


Figure 93 : Répartition des NEC selon la décision de traitement lors de TCS\_F\_2

Quand on s'intéresse à l'appréciation de l'état par l'éleveur (figure 94), on remarque qu'un faible effectif a été jugé avec un état dégradé (n=7). L'excrétion moyenne de ces brebis était de plus de 3000 opg.

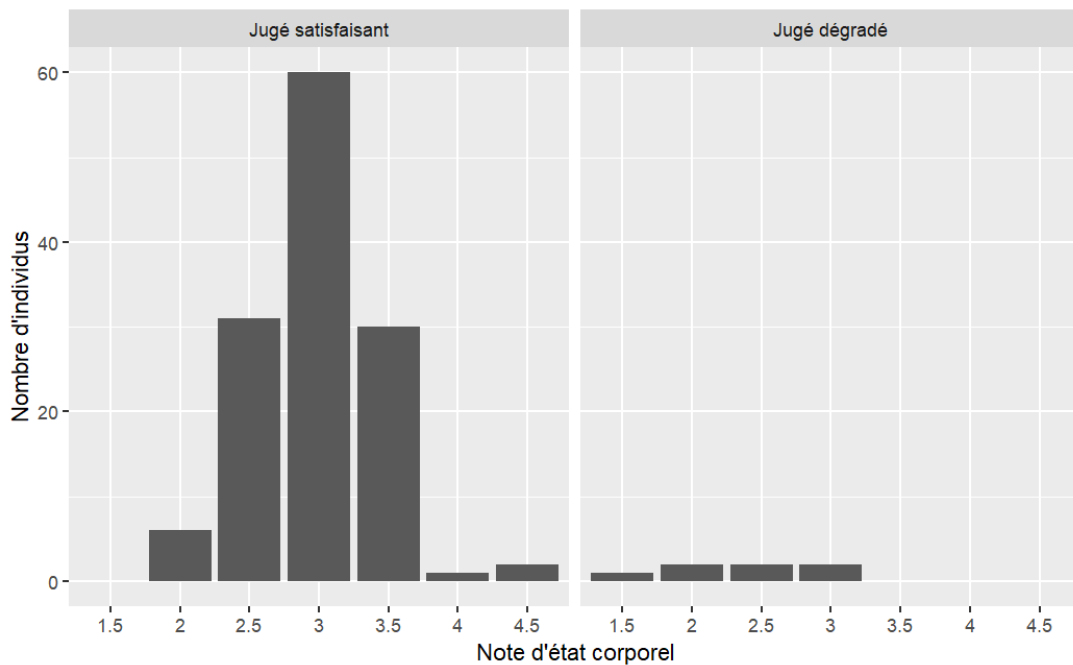


Figure 94 : Relation entre la NEC et l'appréciation de l'état par le berger lors de TCS\_F\_2

### 3.2.2.3.4 Conséquence du TCS sur les performances zootechniques

La figure 95 présente la taille de portée selon que les brebis ont été traitées (1) ou non (0). On n'observe pas de différence significative, sachant que la taille de portée moyenne des brebis traitées est de 1,4 et que celle des brebis non traitées est de 1,25 et que le traitement est intervenu après la mise en lutte.

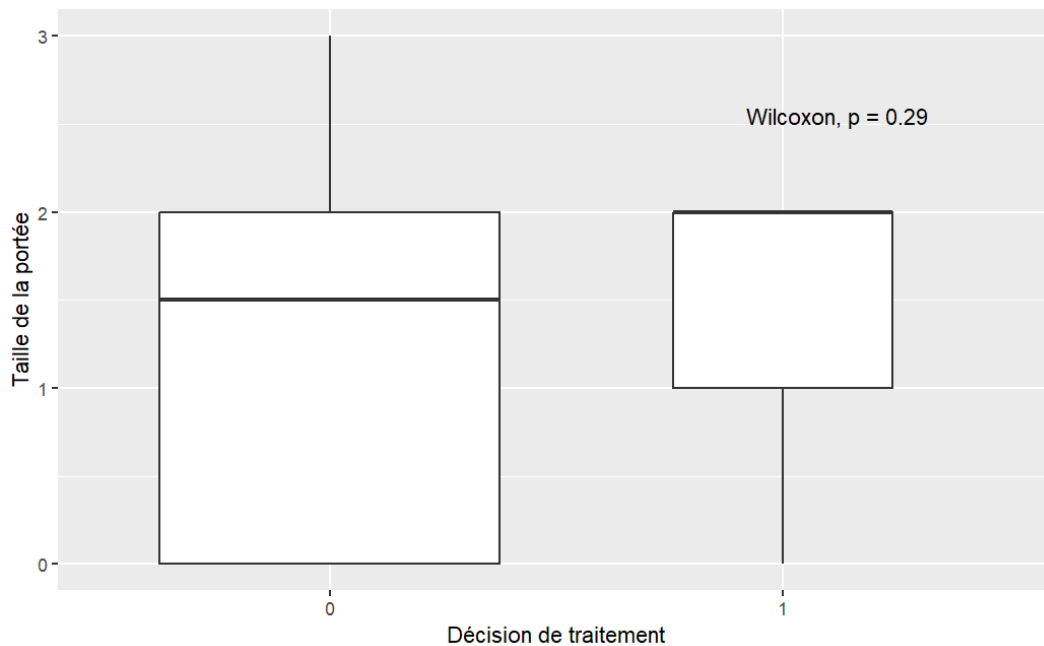


Figure 95 : Taille de la portée en fonction de la décision de traitement lors de TCS\_F\_2

Nous n'avons pas pu avoir accès au poids de naissance des agneaux pour l'agnelage 2022. Pour autant, au vue de l'importante excrétion des brebis, celles qui n'avaient pas été traitées au moment du TCS l'ont été avant les mises-bas.

Par ailleurs, la mortalité n'est pas significativement différente selon la décision de traitement (p-value selon le test de Wilcoxon de 0,81).

### 3.2.2.3.5 Matrice de corrélation de Spearman

Pour finir, la figure 96 présente la matrice de Spearman pour cette manipulation.

On remarque qu'il existe une corrélation entre la taille de la portée et l'intensité de l'excrétion fécale d'œufs de SGI. En effet, il existe une différence significative

d'excrétion entre les brebis vides et celles portant 2 agneaux et entre les brebis portant 1 agneau et celles en portant 2 (figure 97).

De plus, l'administration d'un traitement est corrélée au millésime et à la présence de trace de diarrhée.

Enfin, la NEC est très corrélée au millésime : les brebis les plus jeunes présentent une NEC plus élevée.

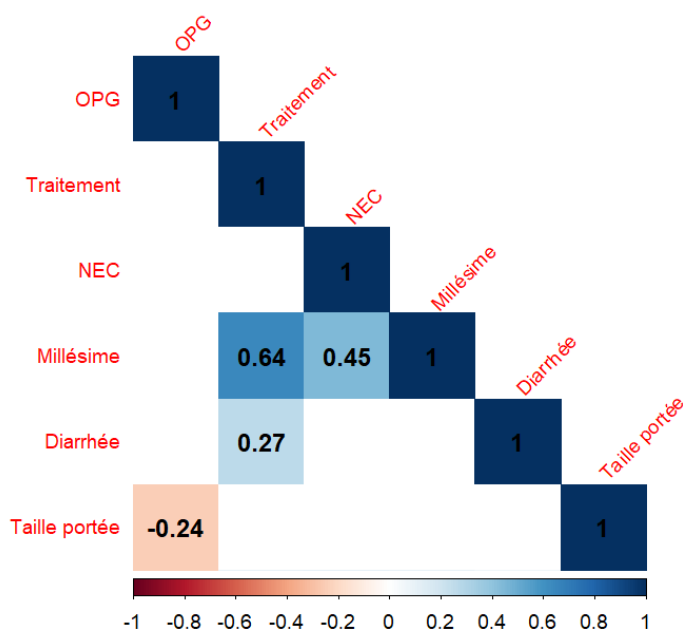


Figure 96 : Matrice de corrélation de Spearman à l'occasion de TCS\_F\_2

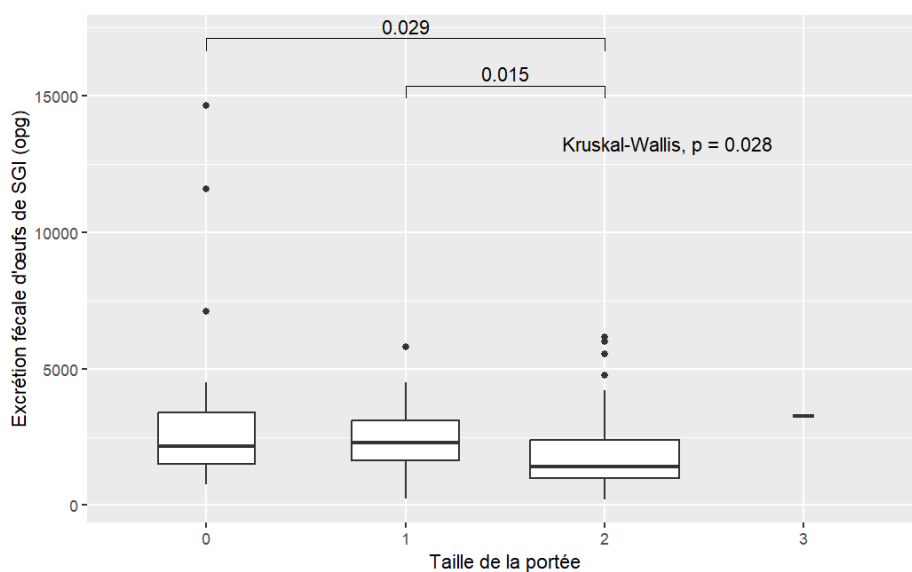


Figure 97 : Excrétion fécale d'œufs de SGI lors de TCS\_F\_2 selon la taille de la portée



### 3.2.2.4 Conclusion partielle élevage F

Lors du premier TCS, les brebis étaient gestantes et à 7 semaines du début des mises bas. Le traitement a concerné 36,6% des brebis, principalement sur le **critère âge et appréciation de l'état corporel**. Les excréments fécaux d'œufs de SGI étaient plutôt élevés. On retrouve une **différence d'excrétion significative entre les brebis traitées et non traitées**, et une **excrétion significativement supérieure chez les plus jeunes**. De plus, il n'y a **pas de différence quant au poids moyen des agneaux à la naissance ou à la mortalité**.

Le second TCS dans cet élevage a été réalisé environ un an plus tard sur des brebis gestantes à 6 semaines du début des mises bas. **L'infestation parasitaire était conséquente**. 43,8% des brebis ont été traitées à cette occasion mais celles qui n'avaient pas été traitées l'ont été par la suite car les excréments étaient très élevés. Il n'y a **pas eu de différence de mortalité des agneaux entre ceux nés de mères traitées et ceux nés de mères non traitées**.

34 brebis ont participé aux deux manipulations de traitement ciblé sélectif. Le tableau 41 reprend le nombre de traitement reçu à l'issue des manipulations de TCS. On remarque que quasiment la moitié des brebis n'a pas reçu de traitement sur la période liée au TCS. Cependant après avoir réalisé des coprologies individuelles à l'entrée en bergerie 2021, les brebis ont reçues un traitement systématique et celles qui n'ont pas été traitées lors du second TCS l'ont été avant la mise bas de novembre 2022.

Tableau 41 : Nombre de traitement reçu pour les brebis ayant participées aux deux TCS de l'élevage F

	Jamais traitée	Traitée 1 fois	Traitées 2 fois	Total
Effectif	16	15	3	34
Proportion (%)	47	44	7	100

La figure 98 montre les NEC des 34 brebis lors des deux TCS. On voit qu'il n'y a **pas eu de perte ou de gain d'état significatif**.

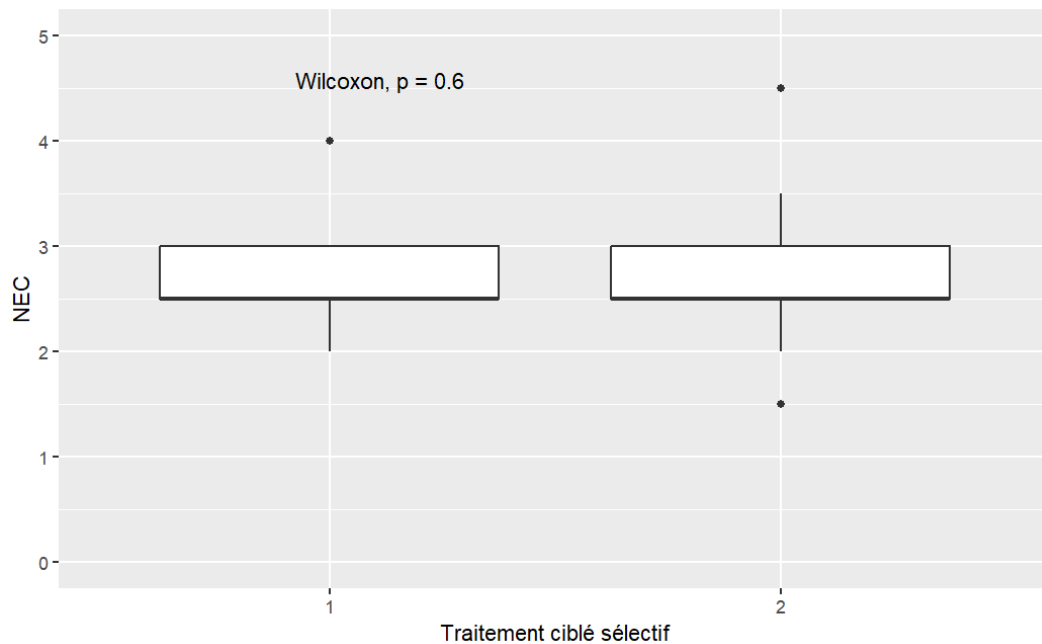


Figure 98 : Évolution de la NEC des 34 brebis ayant participées aux 2 TCS de l'élevage F

En revanche, on observe une différence significative d'excrétion d'œufs de SGI (figure 99) entre le TCS 2021 et le TCS 2022. Les agnelages ont tous deux commencé le 02/11, le TCS1 a été effectué 7 semaines avant et le TCS2 6 semaines avant.

Ainsi nous nous trouvons surement dans la période du periparturient rise (PPR). En ce qui concerne le climat, l'été 2022 a été plus chaud et plus sec que l'été 2021, ce qui n'est pas en faveur d'une prolifération plus importante des nématodes sur les pâtures.

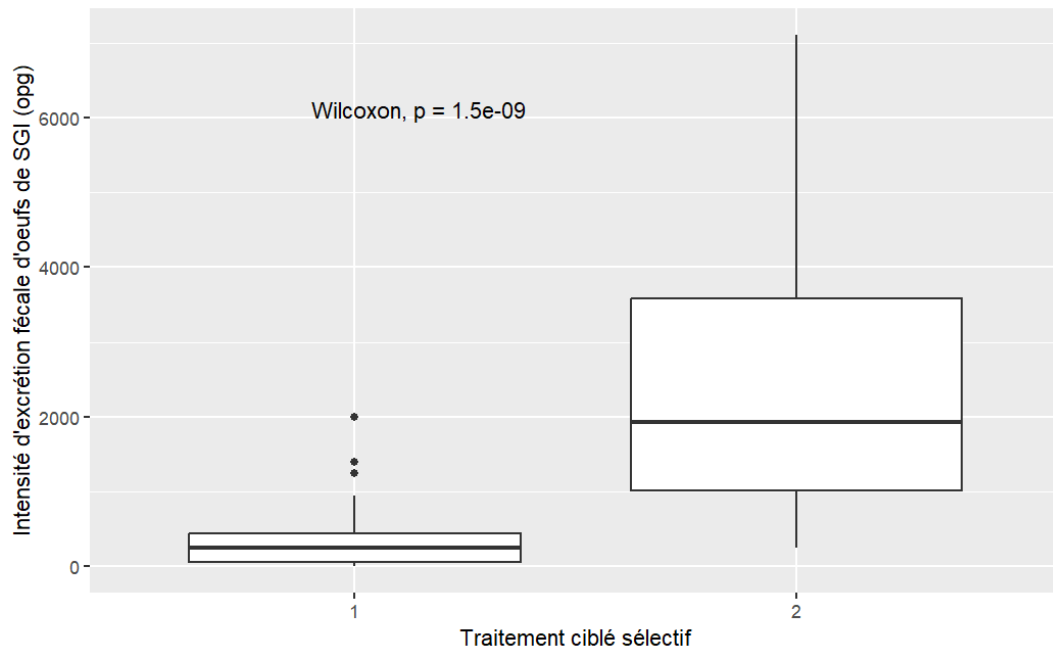


Figure 99 : Évolution de l'excrétion fécale d'œufs de SGI des 34 brebis ayant participé aux 2 TCS de l'élevage F

Ainsi au cours de notre étude, nous pouvons remarquer que les **différentes populations de strongles évoluent avec le temps** (figure 100). Lors du début de notre étude, les espèces majoritaires étaient *T. circumcincta* et *Trichostrongylus* spp. Cependant avec le temps, nous avons remarqué que la catégorie *Hæmonchus contortus* / *Cooperia curticei* était de plus en plus présente avec un mélange des deux groupes lors de l'entrée en bergerie. Puis lors de notre dernier TCS elle était majoritaire.

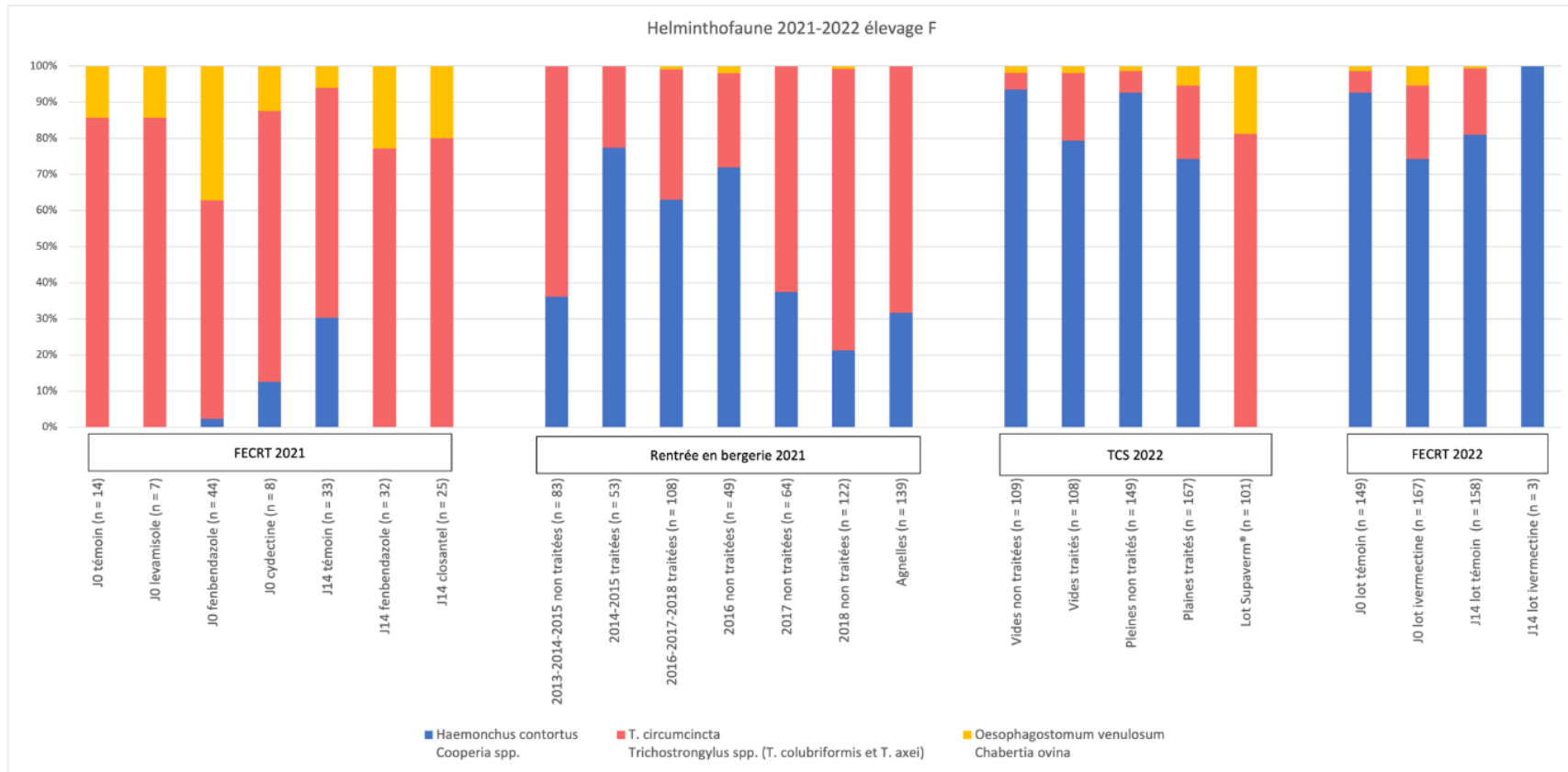


Figure 100 : Helminthofaune 2021-2022 élevage F, n = nombres de larves observées

La figure 101 permet d'étudier la sensibilité et la spécificité de l'arbre décisionnel en regard de l'excrétion fécale selon une courbe ROC. Sur l'ensemble des manipulations de l'élevage F, l'index de Youden est le plus discriminant pour un seuil à 900 opg de même que la plus petite distance au carré. On a alors une sensibilité de 0,65, une spécificité de 0,57, une VPP de 51,1 et une VPN de 70,9.

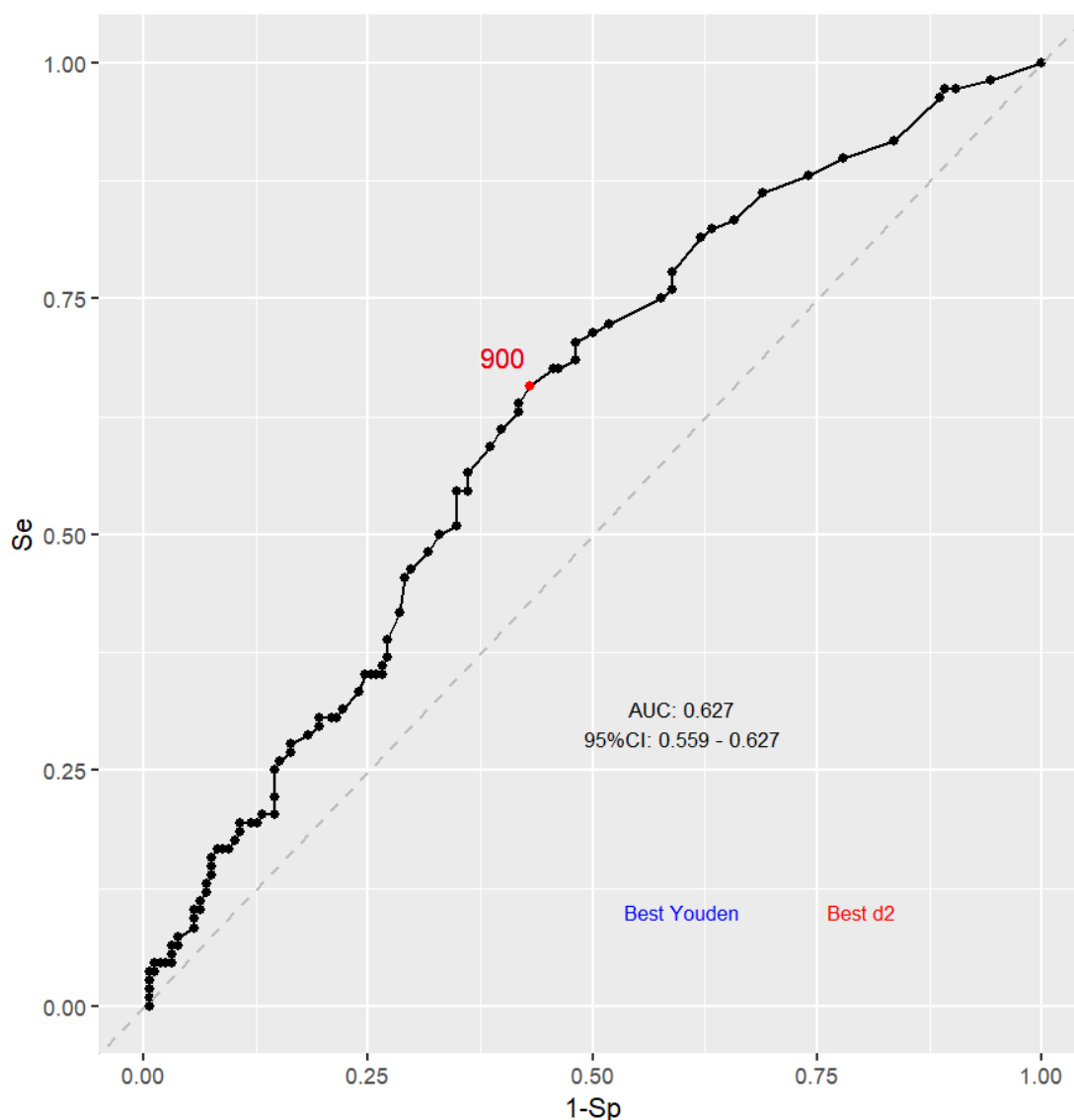


Figure 101 : Étude de la sensibilité et de la spécificité de la prise de décision dans l'élevage F

Pour chaque manipulation réalisée dans l'élevage F, le tableau 42 présente les seuils d'opg les plus discriminants et les sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'arbre décisionnel associées.

Tableau 42 : Seuil d'opg, sensibilité, spécificité, VPP et VPN de la prise de décision pour chaque manipulation de l'élevage C

<b>Manipulation</b>	<b>J</b>	<b>D<sup>2</sup></b>	<b>Se</b>	<b>Sp</b>	<b>VPP</b>	<b>VPN</b>
<b>TCS_F_1</b>	400	350	0,58 / 0,60	0,69 / 0,66	51,9	74,0
<b>TCS_F_2</b>	1500	2250	0,73 / 0,52	0,44 / 0,61	51,2 / 51,7	67,3 / 61,3
<b>Ensemble</b>	900		0,66	0,57	51,1	70,9

## 4 DISCUSSION

---

### 4.1 MISE EN PLACE DU TRAITEMENT CIBLE SELECTIF

Ce travail de thèse a permis de mettre en place cinq traitements ciblés sélectifs en brebis allaitantes. Il est important d'avoir conscience qu'une bonne organisation est nécessaire pour que le temps passé à décider quelles brebis traiter ne soit pas démesuré. Aussi, la présence de cornadis ou de moyen de contention similaire (parc et couloir de contention *a minima*) permet de gagner en efficacité. A ce propos, le critère FAMACHA® n'a pas été conservé à cause, d'une part, du temps nécessaire à son évaluation et d'autre part du climat tempéré des régions dans lesquelles nous avons travaillé et pour lesquels *H. contortus* n'est pas prédominant ou tout du moins pas tout le temps. Un enregistrement au fur et à mesure des animaux traités grâce aux boucles électroniques permet de remplir le carnet sanitaire de l'élevage rapidement. Au cours de notre étude, des échantillons de suivi ont été expédiés par Chronopost®. Il est arrivé une fois qu'on le récupère trois jours après la réalisation des prélèvements pour des questions logistiques. De même, des contraintes d'emploi du temps nous ont empêcher d'être très réactives lors de l'élévation des excréments fécaux d'œufs de SGI avant TCS\_F\_2. Par ailleurs, les directeurs d'exploitation des deux établissements ont changé durant notre travail. Toutefois, les personnes prenant la décision de traiter ou non les brebis, et celles évaluant les NEC sont restées les mêmes.

A l'inverse de l'élevage laitier, les brebis allaitantes ne passent pas à la traite et les éleveurs ne les ont donc pas sous les yeux de manière individuelle chaque jour. De plus, les animaux sont parfois éloignés de l'exploitation, notamment lorsque le parcellaire est éclaté. Coupler les interventions de TCS avec d'autres opérations comme des vaccinations ou le sevrage permet alors une logistique plus facile mais limite le ciblage optimal de l'infestation parasitaire.

De plus, on remarque que la proportion de brebis traitées varie selon l'élevage et la personne qui prend la décision. Il y a plusieurs facteurs à cela dont l'inquiétude de

l'éleveur par rapport à la prise de risque que représente la mise en place du TCS et l'exposition des animaux au risque parasitaire. Comme le souligne Valcárcel, Aguilar, Sánchez (2015), il est vraiment important que cette stratégie de traitement s'adapte à chaque typologie d'élevage et à chaque éleveur.

## **4.2 APPLICATION DE L'ARBRE DECISIONNEL**

### **4.2.1 Évaluation des performances de l'arbre décisionnel**

Les critères retenus pour l'arbre décisionnel ont été choisis à partir de la littérature (cf partie 3). L'objectif était de permettre à l'éleveur de prendre la décision de traiter ou non la brebis à son chevet. Pour améliorer l'acceptabilité du TCS par les éleveurs, il est plus important que l'arbre décisionnel soit sensible plutôt que spécifique pour éviter de ne pas traiter une brebis en ayant besoin.

Pour l'élevage C, avec la fonction d'étude de la sensibilité et de la spécificité, le seuil J de Youden pour lequel l'arbre décisionnel est optimal est de 50 opg. Cela correspond à une faible excrétion fécale et n'est donc pas très pertinent. Toutefois les excrétions étaient très faibles pour deux des trois manipulations. Pour l'élevage F, le seuil se situe à 900 opg. Il est élevé à cause des fortes excrétions lors de TCS\_F\_2. Pour TCS\_F\_1 en revanche, l'excrétion moyenne était de 478,3 opg et la médiane de 250 opg et le seuil J de Youden est de 400 opg. Cela correspond à une réalité intéressante : l'arbre décisionnel permet de traiter les brebis excrétant plus de 400 opg avec une sensibilité de 0,58 et une spécificité de 0,69. Pour les autres manipulations, la sensibilité varie entre 0,55 et 0,78 (sensibilité moyenne de 0,69 et écart-type de 0,08) et la spécificité de 0,43 à 0,69 (spécificité moyenne de 0,54 et écart-type de 0,08). Ces performances sont encourageantes.

Lors de la manipulation TCS\_F\_2, nous avons pu objectiver une infestation massive pas *H. contortus*. Dans ce cas, notre arbre décisionnel n'est pas pertinent puisque le J de Youden est de 1500 opg ce qui correspond à une forte excrétion, pour laquelle les animaux pourraient pâtir du parasitisme.



#### **4.2.2 Critère âge des animaux**

Au cours de notre étude, des agnelles ou des primipares faisaient partie des lots. Elles ont été traitées systématiquement. L'étude de leur excrétion fécale d'œufs de strongle révèle qu'elles excrètent significativement plus que les brebis plus âgées dans les manipulations TCS\_C\_2 (18,1 % de jeunes) et TCS\_F\_1 (15,3 % de jeunes). Les traiter permet de limiter l'impact du parasitisme sur leur croissance et de diminuer la pression d'infection sur les parcelles.

#### **4.2.3 Critère trace de diarrhée**

La présence de trace de diarrhée a été le critère le moins utilisé des trois : elle a été noté 95 fois sur 656. Le cas est semblable dans l'étude de Cabaret 2008.

Lors de la manipulation TCS\_C\_3, les brebis étaient réparties selon deux modalités de pâturage : pâturage cellulaire ou pâturage classique. Au global, 49% d'entre elles présentaient des traces de diarrhée. Les brebis du pâturage cellulaire avaient à leur disposition de l'herbe plus jeune que celles du pâturage classique. 61.4% d'entre elles présentaient des traces de diarrhée contre 32% pour celles du lot « pâturage classique ». On peut donc avancer que les souillures de l'arrière-train étaient plutôt alimentaires que parasitaire, dans la mesure où les intensités d'excrétion fécales d'œufs de strongles ne sont pas significativement différentes. Ainsi, ce critère ne serait peut-être pas à retenir quand l'alimentation peut expliquer la survenue de diarrhée. Une plus grande proportion d'animaux a ainsi été traitée lors de ce TCS.

Par ailleurs, la réalisation de coproscopies sur des matières fécales diarrhéiques est à discuter. En effet, la diarrhée consiste en une émission d'un plus grand volume de fèces avec une augmentation de la fréquence. Dès lors, cela dilue la concentration d'œufs de strongles présents. La comparaison de l'intensité d'excrétion entre des fèces normales et des fèces diarrhéiques n'est donc pas très pertinente.

#### **4.2.4 Critère état corporel**

L'appréciation de l'état corporel par le berger a été le critère le plus utilisé dans notre étude. Pour rappel, le technicien de la Chambre d'Agriculture relevait les NEC de son

côté puis l'éleveur passait pour prendre la décision de traitement sans connaître cette information.

Dans l'élevage C, les NEC étaient globalement faibles avec une médiane à 1,5 tout au long de l'étude. Lorsqu'on met en regard l'appréciation de l'état corporel par le berger et les NEC, on se rend compte que des brebis de NEC 1, 1,5 ou 2 ont été jugées dans un état corporel satisfaisant (figures 35, 49 et 67) . Aussi, cela pose la question d'une part de l'objectivité de l'échelle de notation et d'autre part de l'objectivité de l'éleveur qui compare les brebis d'un même lot. Il semble important de garder en tête les objectifs de NEC (annexe 2) en fonction du stade physiologique des animaux pour être plus ou moins sévère. Dans l'élevage F, les médianes de NEC du lot étaient de 2,5 et aucune brebis de NEC inférieure à 2 n'a été jugée dans un état corporel satisfaisant. En revanche, des brebis aux NEC de 2,5 ou 3 ont été jugées avec un état corporel dégradé par le berger (figures 81 et 93). Or, en brebis allaitantes, la NEC est un des seuls éléments de production auquel l'éleveur a accès. Aussi la formation à son évaluation et sa prise en compte dans la gestion du troupeau doivent être améliorées, comme le souligne Bath, van Wyk (2009).

Lors de la manipulation TCS\_C\_2, il a été montré que les brebis de NEC inférieure ou égale à 2 présentaient des excréments fécaux d'œufs de strongles plus élevées que les autres. Après formation des éleveurs à l'évaluation la plus objective possible de la NEC, cela pourrait apparaître comme un seuil si d'autres études vont dans le même sens. C'est d'ailleurs cette note qu'ont retenus Gallidis et al. (2009) et Cornelius, Jacobson, Besier (2014) dans leurs études.

#### **4.3 CONSEQUENCES DU TRAITEMENT CIBLE SELECTIF SUR LES PARAMETRES ZOOTECHNIQUES**

Le but de ce travail de thèse était également d'étudier les conséquences de l'absence de traitement sur les performances zootechniques des brebis.

Comme les traitements ne sont pas intervenus aux mêmes périodes de l'année ni au même stade physiologique pour les brebis, il n'a pas été possible d'harmoniser les

indicateurs étudiés. Le tableau 43 reprend les éléments étudiés et les p-value associées selon le test de Wilcoxon.

Tableau 43 : Performances zootechniques évalués et p-value associée selon le test de Wilcoxon

<b>Manipulation</b>	<b>Stade physiologique des brebis</b>	<b>Critères évalués</b>	<b>p-value associée</b>
<b>TCS_C_1</b>	Lactation, 2 mois après les mises-bas	- Poids des agneaux au sevrage	- 0,7
<b>TCS_C_2</b>	Entretien, en amont de la mise en lutte	- Taille de la portée - Poids moyen de la portée - Mortinatalité - PAT 30	- 0,2 - 0,61 - 0,028 - 0,96
<b>TCS_C_3</b>	Allaitement, 3 semaines avant sevrage	- Poids des agneaux au sevrage	- 0,06
<b>TCS_F_1</b>	Gestation, 2 mois avant les mises bas	- Taille de la portée - Poids moyen de la portée	- 0,37 - 0,072
<b>TCS_F_2</b>	Gestation, 2 mois avant les mises bas	- Taille de la portée	- 0,29

Ainsi, on n'observe pas de différence significative sur les paramètres de fertilité. Cela est cohérent avec les résultats de Besier et al. (2010). De leur côté, Calvete et al. (2020) ont mis en évidence une augmentation de la fertilité des brebis traitées présentant une NEC inférieure à 2,75. Dans l'élevage C, les brebis ne présentaient pas des NEC de la sorte et la prolificité est de 2,17 ce qui est dans la moyenne de la race qui est de 2,2 agneaux par brebis à la naissance (*Brebis Romane : l'essayer c'est l'adopter*).

Par ailleurs, pour le TCS\_C\_2 des traitements contenant des benzimidazoles ou des lactones macrocycliques ont été administrés aux brebis entre la mise en lutte et le sevrage des agneaux (figure 19 et 20). Cela donne donc moins de poids aux résultats concernant le PAT 30.

Toutefois, les données concernant la mortalité donnent des différences significatives entre les brebis traitées et les brebis non traitées. Le tableau 35 donne les pourcentages de mortalité selon l'agnelage et le statut du traitement de la mère. On remarque que les mères non traitées ont des tailles de portée plus importantes que les mères traitées. Or cela est un facteur de risque majeur pour la mortalité (bonne irrigation des différents cotylédons, dystocies...). Ainsi, l'effet de l'absence de traitement est à relativiser.

Au cours des suivis réalisés à la rentrée en bergerie, l'évaluation des NEC des brebis en plus des coproscopies individuelles aurait permis d'étudier leur variation au cours du temps et de voir si les brebis non traitées durant la période de pâturage avaient perdu de l'état ou non.

#### **4.4 ÉTAT DES LIEUX DES RESISTANCES ET EVOLUTION DE L'HELMINTHOFAUNE AU COURS DE L'ETUDE**

##### **4.4.1 Nouvelles recommandations pour la réalisation de FECRT**

La première partie de cette étude comprenait la mise en évidence d'éventuelles résistances. Le protocole que nous avons mis en place se basait sur les recommandations de Coles et al. (1992). Cependant début 2023, de nouvelles recommandations ont été publiées par Kaplan et al. (2023). Les principales différences avec le protocole utilisé dans cette étude sont décrites par la suite.

Il est maintenant recommandé d'effectuer le FECRT sur la base du nombre d'œufs comptés par coproscopie individuelle avant et après traitement des mêmes animaux, plutôt que sur la base de deux groupes d'animaux traités et non traités (témoins).

Deuxièmement, au lieu d'exiger une excrétion d'œufs de SGI moyenne minimale dans le groupe à tester, la nouvelle exigence porte sur un nombre total minimal d'œufs à compter au microscope, c'est-à-dire la somme des comptages bruts d'œufs avant l'application d'un facteur de conversion. Le fait d'exiger qu'un nombre minimum d'œufs soit compté avant traitement améliore non seulement la capacité à détecter avec précision une véritable réduction de l'efficacité, mais évite également de devoir imposer la méthode de comptage à utiliser. Pour calculer le taux d'efficacité d'une molécule, il existe maintenant des sites afin d'augmenter la précision de nos mesures (<http://www.fecrt.com>).

Troisièmement, trois options sont proposées pour la taille requise du groupe de traitement en fonction du nombre d'œufs comptés (qui tient compte à la fois de l'excrétion moyenne de départ du groupe d'animaux testé et du facteur de multiplication de la méthode de comptage utilisée). Ainsi, si l'excrétion moyenne approximative de départ du groupe d'animaux testés est connue à l'avance et est relativement élevée, il faut tester moins d'animaux ou utiliser une méthode de comptage avec un facteur de multiplication plus élevé. Cette approche offre une plus grande souplesse et une plus grande précision pour effectuer des classifications précises de l'efficacité des médicaments par rapport aux recommandations précédentes.

Ainsi, ces nouvelles lignes directrices améliorent la méthodologie et la normalisation du FECRT. Il serait donc intéressant d'effectuer à nouveau un test d'efficacité avec ces nouvelles recommandations.

Dans l'article de Coles et al. (2006), de nouvelles recommandations concernant l'intervalle entre l'administration de l'anthelminthique testé (J0) et le contrôle de l'efficacité de cette même molécule. Il est de 3-7 jours pour le lévamisole, de 8-10 jours pour les benzimidazoles et de 14-17 jours pour les lactones macrocycliques. Dans cette étude nous n'avons pas utilisé ces recommandations pour des raisons pratiques. En effet, les élevages étant éloignés du laboratoire, il nous était difficile de multiplier les allers et retours pour nous rendre sur place.

Deux tests d'efficacité ont été réalisés dans les deux élevages suivis au cours de cette étude ainsi qu'un suivi de l'helminthofaune au cours de ces deux années.

#### 4.4.2 Élevage C

Concernant l'élevage C, une souche de *Teladorsagia circumcincta* multirésistante a été mise en évidence lors de notre premier test d'efficacité. Une enquête rétrospective (Jeannin 2022) relevant les pratiques de traitements avant notre venue a été réalisée. Elle est présentée en figure 102. Cette étude concerne uniquement les brebis présentes lors du FECRT 2021.

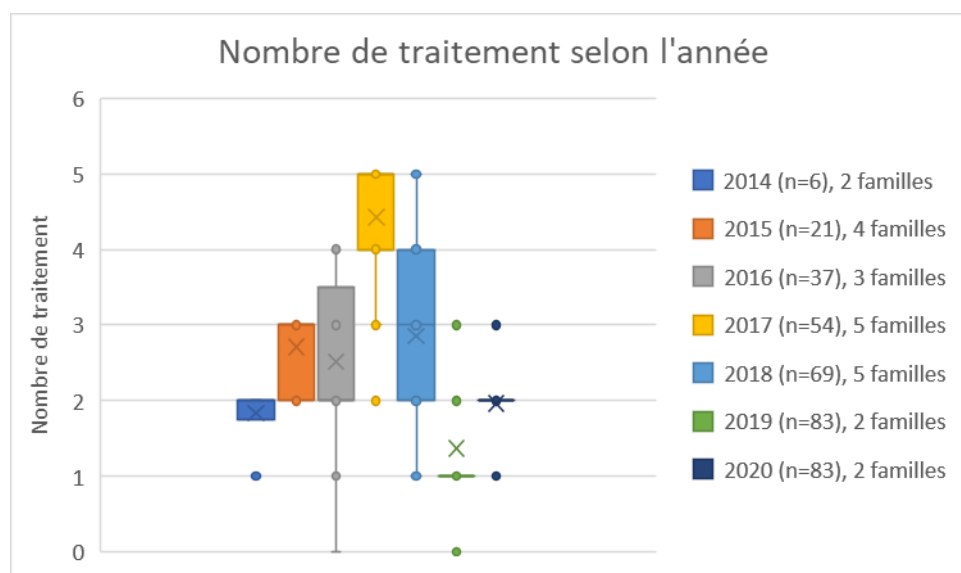


Figure 102 : Nombre de traitements reçus par les brebis avant notre étude (n= nombre de brebis, famille = nombre de familles d'anthelminthiques différentes reçus par an)

Au maximum, une brebis peut avoir reçu cinq traitements dans l'année. Néanmoins, les deux dernières années avant le début de notre étude, au maximum, seulement trois traitements ont été effectués par brebis.

A propos de la résistance au monépanтел, molécule n'ayant jamais été utilisée dans cet élevage, deux hypothèses sont avancées. Soit cela est dû à la présence d'une résistance croisée avec un autre anthelminthique, ce qui est peu probable compte tenu des études réalisées sur la cible de cet anthelminthique (HAFSI, CHINA, GHALMI 2011). Soit cela est dû à une erreur de manipulation. En effet, lorsqu'on regarde individuellement les excréments fécaux, on remarque que sur les 12 brebis du lot, deux

présentent des valeurs de 50 opg et une de 300 opg. Est-ce que ces brebis ont bien reçu toute la dose de traitement ? Il sera difficile de trancher étant donné qu'à J0 seule des coprologies de mélange ont été réalisées. Nous n'avons donc pas accès aux excréments fécaux d'œufs de SGI avant traitement.

Une souche de *Trichostrongylus colubriformis* résistante au lévamisole a également été identifiée dans cet élevage.

L'origine de ces deux souches résistantes ne peut pas clairement être identifiée : s'agit-il d'une souche transportée d'un autre élevage ou est-ce dû à une mauvaise utilisation des anthelminthiques ces dernières années ? Pour répondre à cette interrogation, il serait intéressant de réaliser des FECRT dans d'autres élevages de la région.

Lors du suivi de l'helminthofaune, plusieurs éléments sont à noter. Entre 2021 et 2022, les espèces présentes ne sont pas les mêmes. Cependant les deux tests d'efficacité n'ont pas été réalisés au même moment dans l'année : le premier a eu lieu en mars 2021 et le deuxième en octobre 2022. Néanmoins si l'on regarde au cours du temps, on remarque que l'helminthofaune entre septembre 2021 et octobre 2022 est différente. En effet celle-ci est composée des trois espèces de SGI en 2022 contre majoritairement *T. circumcincta* et *Trichostrongylus spp* en 2021. Nos souches résistantes sont toujours présentes mais elles ne sont plus majoritaires, d'après le dernier FECRT réalisé. Ainsi ces souches résistantes sont diluées dans la population. Il serait intéressant de continuer de suivre l'helminthofaune de cet élevage afin de voir l'évolution de la présence des différentes espèces.

#### **4.4.3 Elevage F**

La situation dans l'élevage F n'est pas du tout la même. Le premier point important de cet élevage, concerne son environnement. En effet les brebis de cet élevage ne pâturent pas que sur des parcelles se situant autour de la ferme mais aussi sur des Causses. Ce sont de vastes plateaux calcaires arides et creusés de vallées profondes. Cela est un point intéressant vis-à-vis du parasitisme, puisque ces grands espaces permettent de diluer le risque parasitaire. Néanmoins, les animaux étant sur de grands espaces, il a été compliqué pour nous d'y avoir accès lors de contrôles ou même pour la réalisation de TCS.

Au sujet des résistances, cet élevage présente seulement une résistance aux benzimidazoles. Cela ne semble pas étonnant, puisque le manque d'efficacité de ces molécules a été démontré dans plusieurs études, notamment celle de Jouffroy et al. (2022). Cependant, lors de notre second FECRT, seule une seule molécule a pu être testée pour des raisons organisationnelles. Pour affirmer que le TCS permet de ne pas augmenter le phénomène de résistance dans un élevage, il aurait été pertinent de tester *a minima* les benzimidazoles et dans l'idéal toutes les molécules.

A propos de l'helminthofaune, celle-ci était bien différente entre les deux années. En effet, au début de notre étude les trois espèces de SGI étaient présentes. Un an après, à la même époque, *H. contortus* est devenu très majoritaire. Cette augmentation de l'abondance relative d'*H. contortus* peut s'expliquer par les conditions météorologiques de 2022, différente de 2021. Effectivement, d'après la figure 21 (Évolution de la température et de la pluviométrie à 7 km de l'élevage F entre décembre 2020 et décembre 2022, à partir des relevés Météociel®) la température au mois d'août 2022 est supérieure de 7°C de celle de 2021. Même si la pluviométrie cumulée est moins importante, il suffit d'un orage pour que les larves d'*H. contortus* se développent très rapidement avec cette chaleur. Une autre preuve, appuyant l'origine météorologique de ce phénomène est que cette infestation concerne tous les animaux : ceux ayant un score corporel satisfaisant ou non, les jeunes et les vieilles brebis.



# Conclusion générale

À l'issue de ces deux ans de travail dans deux lycées agricoles, nous pouvons conclure que la mise en place de traitements ciblés sélectifs en ovin allaitant est tout à fait possible. En effet, le protocole est relativement simple et de bons moyens de contention permettent que la prise de décision de traitement ne soit pas chronophage. L'enjeu désormais est de le faire appliquer à plus grande échelle afin que la majorité des traitements anthelminthiques administrés ne soient plus systématiques mais raisonnés. En effet, l'émergence de résistances aux anthelminthiques nécessite de diminuer le nombre de traitements annuels pour permettre de diluer les souches résistantes au sein de populations refuges.

L'arbre décisionnel utilisé a pris en considération l'âge des animaux, la présence de traces de diarrhée et l'appréciation de l'état corporel par l'éleveur. Des critères d'aspect de la laine et du nombre d'agneaux allaités ont parfois été ajoutés par les éleveurs. Parmi ces critères, la présence de traces de diarrhée a été jugé le moins pertinent dans les cas où cette dernière est de cause alimentaire. Par ailleurs, la formation des éleveurs à l'évaluation de l'état corporel de leurs animaux doit être renforcée et entretenue. La sensibilité et la spécificité de l'arbre décisionnel sont satisfaisantes.

Cinq traitements ciblés sélectifs ont pu être mis en place durant cette étude. Ce mode de traitement n'est pas toujours adapté, comme en cas d'hæmonchose massive. Un suivi de l'infestation parasitaire par analyses coprologiques régulières est nécessaire pour cibler le moment du traitement.

A la fin de notre travail, aucun effondrement de l'efficacité des molécules employées n'a été noté. Les helminthofaunes ont variées au cours du temps, mettant en évidence l'impact de la climatologie sur les populations de strongles gastro-intestinaux présents. Les performances zootechniques des brebis n'ayant pas été traitées au cours de différentes sessions de TCS n'ont pas été dégradées, ce qui est encourageant pour la poursuite de la mise en place de ces protocoles.

# Bibliographie

*3-Points-cles-sur-lEtat-Corporel-des-ovins-INT-BCTI-2020-vf.pdf*, 2020. [en ligne]. [Consulté le 6 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.inn-ovin.fr/wp-content/uploads/2021/03/3-Points-cles-sur-lEtat-Corporel-des-ovins-INT-BCTI-2020-vf.pdf>

AGUERRE, S., JACQUIET, P., BRODIER, H., BOURNAZEL, J. P., GRISEZ, C., PRÉVOT, F., MICHOT, L., FIDELLE, F., ASTRUC, J. M. et MORENO, C. R., 2018. Resistance to gastrointestinal nematodes in dairy sheep: Genetic variability and relevance of artificial infection of nucleus rams to select for resistant ewes on farms. *Veterinary Parasitology*. 30 mai 2018. Vol. 256, pp. 16-23. DOI 10.1016/j.vetpar.2018.04.004.

BARTLEY, David J., HAMER, Kim, ANDREWS, Leigh, SARGISON, Neil D. et MORRISON, Alison A., 2019. Multigenic resistance to monepantel on a UK sheep farm. *Veterinary Parasitology*: X. 16 février 2019. Vol. 1, pp. 100003. DOI 10.1016/j.vpoa.2019.100003.

BATH, G.F. et VAN WYK, J. A., 2001. Using the FAMASHA system on commercial sheep farms in South Africa. *5th International Sheep Veterinary Congress*. Cape Town. 22 janvier 2001.

BATH, G.F. et VAN WYK, J.A., 2009. The Five Point Check© for targeted selective treatment of internal parasites in small ruminants. *Small Ruminant Research*. octobre 2009. Vol. 86, n° 1-3, pp. 6-13. DOI 10.1016/j.smallrumres.2009.09.009.

BELECKĚ, Agnė, KUPČINSKAS, Tomas, STADALIENĖ, Inga, HÖGLUND, Johan, THAMSBORG, Stig Milan, STUEN, Snorre et PETKEVIČIUS, Saulius, 2021. Anthelmintic resistance in small ruminants in the Nordic-Baltic region. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 27 avril 2021. Vol. 63, pp. 18. DOI 10.1186/s13028-021-00583-1.

BÉRY, Louise et RAYSSAC, Cécile, 2022. *Evaluation de critères de traitement ciblé sélectif contre les strongles gastro-intestinaux visant à limiter l'apparition de résistances à l'éprinomectine sur des brebis laitières du bassin de Roquefort*. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. T-2022-077

BESIER, R. B., 2008. Targeted treatment strategies for sustainable worm control in small ruminants. *Tropical Biomedicine*. février 2008. Vol. 25, n° 1 Suppl, pp. 9-17.

BESIER, R. B., LOVE, R. A., LYON, J., BURGEL, A. J. van, BESIER, R. B., LOVE, R. A., LYON, J. et BURGEL, A. J. van, 2010. A targeted selective treatment approach for effective and sustainable sheep worm management: investigations in Western Australia. *Animal Production Science*. 23 novembre 2010. Vol. 50, n° 12, pp. 1034-1042. DOI 10.1071/AN10123.

BEUGNET, Frédéric, POLACK, Bruno et DANG, Hoan, 2004. *Atlas de coprosocopie*. Kalianxis. ISBN 2-915758-02-6.

BISHOP, S.C. et STEAR, M.J., 2001. Inheritance of faecal egg counts during early lactation in Scottish Blackface ewes facing mixed, natural nematode infections. *Animal Science*. décembre 2001. Vol. 73, n° 3, pp. 389-395. DOI 10.1017/S1357729800058355.

BONNEFONT, Marie et CANELLAS, Amandine, 2014. *Optimisation des outils de diagnostic des strongyloses gastro-intestinales des ovins* [en ligne]. [Consulté le 16 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : [https://oatao.univ-toulouse.fr/12116/1/Bonnefont-Canellas\\_12116.pdf](https://oatao.univ-toulouse.fr/12116/1/Bonnefont-Canellas_12116.pdf)

BORDES, Léa, 2022. *Approche intégrée du contrôle des strongyloses gastro-intestinales chez les ovins en région Nouvelle-Aquitaine* [en ligne]. phd. Université de Toulouse, Université Toulouse III - Paul Sabatier. [Consulté le 23 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <http://thesesups.ups-tlse.fr/5405/>

BORDES, Léa, DUMONT, Nicolas, LESPINE, Anne, SOUIL, Elise, SUTRA, Jean-François, PRÉVOT, Françoise, GRISEZ, Christelle, ROMANOS, Lola, DAILLEDOUZE, Aurélie et JACQUIET, Philippe, 2020. First report of multiple resistance to eprinomectin and benzimidazole in *Haemonchus contortus* on a dairy goat farm in France. *Parasitology International*. juin 2020. Vol. 76, pp. 102063. DOI 10.1016/j.parint.2020.102063.

BOUHSIRA, E. et LIÉNARD, E., 2019. *Diagnose des principales espèces parasitaires*. 2019. Cours de parasitologie, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

*Brebis Romane : l'essayer c'est l'adopter*, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 20 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <http://www.brebis-romane.com/la-romane/>

BROOMFIELD, M. A., DOYLE, E. K., KAHN, L. P., SMITH, W. D. et WALKDEN-BROWN, S. W., 2020. A simplified Barbervax® vaccination regimen in lambs to evoke immunological protection to *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*. 1 novembre 2020. Vol. 287, pp. 109243. DOI 10.1016/j.vetpar.2020.109243.

BULL, Katie, GLOVER, Mike J., ROSE VINEER, Hannah et MORGAN, Eric R., 2022. Increasing resistance to multiple anthelmintic classes in gastrointestinal nematodes on sheep farms in southwest England. *The Veterinary Record*. 4 juin 2022. Vol. 190, n° 11, pp. e1531. DOI 10.1002/vetr.1531.

BUSIN, V., KENYON, F., PARKIN, T., MCBEAN, D., LAING, N., SARGISON, N. D. et ELLIS, K., 2014. Production impact of a targeted selective treatment system based on liveweight gain in a commercial flock. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*. mai 2014. Vol. 200, n° 2, pp. 248-252. DOI 10.1016/j.tvjl.2014.02.012.

BUSSIÉRAS, Jean et CHERMETTE, René, 1991. *Abrégé de parasitologie vétérinaire – Helminthologie – Fascicule IV Informations techniques de services vétérinaires*. R. Rosset. helmonthologie, III.

CABARET, J., BENOIT, M., LAIGNEL, G. et NICOURT, C., 2009. Current management of farms and internal parasites by conventional and organic meat sheep French farmers and acceptance of targeted selective treatments. *Veterinary Parasitology*. 16 septembre 2009. Vol. 164, n° 1, pp. 21-29. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.04.018.

CABARET, Jacques, GONNORD, Ms, CORTET, J., SAUVÉ, Ms, BALLEET, Mr, TOURNADRE, Hervé et BENOIT, Marc, 2006. Indicators for internal parasitic infections in organic flocks: the diarrhoea score (Disco) proposal for lambs. *Organic Congress 2006: Organic Farming and European Rural Development*. 1 janvier 2006.

CABARET, Jacques J., 2004. Parasitism management in organic sheep production. *Productions Animales*. 2004. Vol. 17, n° 2, pp. 145.

CABARET, Jacques J., 2008. Pro and cons of targeted selective treatment against digestive-tract strongyles of ruminants. *Parasite*. 2008. Vol. 15, n° 3, pp. 506. DOI 10.1051/parasite/2008153506.

CALVETE, Carlos, GONZÁLEZ, José M., FERRER, Luis M., RAMOS, Juan J., LACASTA, Delia, DELGADO, Ignacio et URIARTE, Joaquín, 2020. Assessment of targeted selective treatment criteria to control subclinical gastrointestinal nematode infections on sheep farms. *Veterinary Parasitology*. janvier 2020. Vol. 277, pp. 109018. DOI 10.1016/j.vetpar.2019.109018.

CHAMBRE D'AGRICULTURE DU LOT, 2023. Ovins. [en ligne]. 17 janvier 2023. [Consulté le 20 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://lot.chambre-agriculture.fr/productions-techniques/elevage/filieres/ovins/>

CHARLIER, J., MORGAN, E. R., RINALDI, L., VAN DIJK, J., DEMELER, J., HÖGLUND, J., HERTZBERG, H., VAN RANST, B., HENDRICKX, G., VERCRUYSSE, J. et KENYON, F., 2014. Practices to optimise gastrointestinal nematode control on sheep, goat and cattle farms in Europe using targeted (selective) treatments. *The Veterinary Record*. 13 septembre 2014. Vol. 175, n° 10, pp. 250-255. DOI 10.1136/vr.102512.

CLAEREBOUT, Edwin, DE WILDE, Nathalie, VAN MAEL, Eva, CASAERT, Stijn, VELDE, Fiona Vande, ROEBER, Florian, VELOZ, Pamela Vinueza, LEVECKE, Bruno et GELDHOF, Peter, 2020. Anthelmintic resistance and common worm control practices in sheep farms in Flanders, Belgium. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 1 avril 2020. Vol. 20, pp. 100393. DOI 10.1016/j.vprsr.2020.100393.

COLES, G. C., BAUER, C., BORGSTEEDE, F. H., GEERTS, S., KLEI, T. R., TAYLOR, M. A. et WALLER, P. J., 1992a. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*. septembre 1992. Vol. 44, n° 1-2, pp. 35-44. DOI 10.1016/0304-4017(92)90141-u.

COLES, G. C., BAUER, C., BORGSTEEDE, F. H., GEERTS, S., KLEI, T. R., TAYLOR, M. A. et WALLER, P. J., 1992b. World Association for the Advancement of Veterinary

Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*. septembre 1992. Vol. 44, n° 1-2, pp. 35-44. DOI 10.1016/0304-4017(92)90141-u.

COLES, G. C., JACKSON, F., POMROY, W. E., PRICHARD, R. K., VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G., SILVESTRE, A., TAYLOR, M. A. et VERCRUYSSSE, J., 2006. The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*. 31 mars 2006. Vol. 136, n° 3-4, pp. 167-185. DOI 10.1016/j.vetpar.2005.11.019.

COLVIN, A. F., WALKDEN-BROWN, S. W. et KNOX, M. R., 2012. Role of host and environment in mediating reduced gastrointestinal nematode infections in sheep due to intensive rotational grazing. *Veterinary Parasitology*. 23 mars 2012. Vol. 184, n° 2, pp. 180-192. DOI 10.1016/j.vetpar.2011.08.027.

CORNELIUS, M.P., JACOBSON, C. et BESIERS, R.B., 2014. Body condition score as a selection tool for targeted selective treatment-based nematode control strategies in Merino ewes. *Veterinary Parasitology*. décembre 2014. Vol. 206, n° 3-4, pp. 173-181. DOI 10.1016/j.vetpar.2014.10.031.

CRINGOLI, G., RINALDI, L., VENEZIANO, V., MEZZINO, L., VERCRUYSSSE, J. et JACKSON, F., 2009. Evaluation of targeted selective treatments in sheep in Italy: Effects on faecal worm egg count and milk production in four case studies. *Veterinary Parasitology*. 16 septembre 2009. Vol. 164, n° 1, pp. 36-43. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.04.010.

CRINGOLI, G., RINALDI, L., VENEZIANO, V., PENNACCHIO, S., MORGOGLIONE, M. E., SANTANIELLO, M., SCHIOPPI, M. et FEDELE, V., 2008. Gastrointestinal strongyle Faecal Egg Count in goats: circadian rhythm and relationship with worm burden. *Veterinary Research Communications*. 1 septembre 2008. Vol. 32, n° 1, pp. 191-193. DOI 10.1007/s11259-008-9163-6.

DOBSON, Rj, BARNES, Eh, TYRRELL, KI, HOSKING, Bc, LARSEN, Jwa, BESIERS, Rb, LOVE, S, ROLFE, Pf et BAILEY, Jn, 2011. A multi-species model to assess the effect of refugia on worm control and anthelmintic resistance in sheep grazing systems. *Australian Veterinary Journal*. 2011. Vol. 89, n° 6, pp. 200-208. DOI 10.1111/j.1751-0813.2011.00719.x.

DOMKE, Atle V. Meling, CHARTIER, Christophe, GJERDE, Bjørn, HÖGLUND, Johan, LEINE, Nils, VATN, Synnøve et STUEN, Snorre, 2012. Prevalence of anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of sheep and goats in Norway. *Parasitology Research*. 2012. Vol. 111, n° 1, pp. 185-193. DOI 10.1007/s00436-012-2817-x.

Exploitation - Animapole, [sans date]. <https://animapole.fr/> [en ligne]. [Consulté le 20 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://animapole.fr/exploitation/>

FISSIHA, Workye et KINDE, Mebrie Zemene, 2021. Anthelmintic Resistance and Its Mechanism: A Review. *Infection and Drug Resistance*. 15 décembre 2021. Vol. 14, pp. 5403-5410. DOI 10.2147/IDR.S332378.

GABA, S., CABARET, J., CHYLINSKI, C., SAUVÉ, C., CORTET, J. et SILVESTRE, A., 2012. Can efficient management of sheep gastro-intestinal nematodes be based on random treatment? *Veterinary Parasitology*. 23 novembre 2012. Vol. 190, n° 1, pp. 178-184. DOI 10.1016/j.vetpar.2012.06.011.

GABA, S., CABARET, J., SAUVÉ, C., CORTET, J. et SILVESTRE, A., 2010. Experimental and modeling approaches to evaluate different aspects of the efficacy of Targeted Selective Treatment of anthelmintics against sheep parasite nematodes. *Veterinary Parasitology*. août 2010. Vol. 171, n° 3-4, pp. 254-262. DOI 10.1016/j.vetpar.2010.03.040.

GALLIDIS, E., PAPADOPOULOS, E., PTOCHOS, S. et ARSENOS, G., 2009. The use of targeted selective treatments against gastrointestinal nematodes in milking sheep and goats in Greece based on parasitological and performance criteria. *Veterinary Parasitology*. 16 septembre 2009. Vol. 164, n° 1, pp. 53-58. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.04.011.

GEURDEN, Thomas, SMITH, Emily R., VERCRUYSSSE, Jozef, YAZWINSKI, Tom, SETTJE, Terry et NIELSEN, Martin K., 2022. World association for the advancement of veterinary parasitology (WAAVP) guideline for the evaluation of the efficacy of anthelmintics in food-producing and companion animals: general guidelines. *Veterinary Parasitology*. 1 avril 2022. Vol. 304, pp. 109698. DOI 10.1016/j.vetpar.2022.109698.

GREER, A. W., KENYON, F., BARTLEY, D. J., JACKSON, E. B., GORDON, Y., DONNAN, A. A., MCBEAN, D. W. et JACKSON, F., 2009. Development and field evaluation of a decision support model for anthelmintic treatments as part of a targeted selective treatment (TST) regime in lambs. *Veterinary Parasitology*. 16 septembre 2009. Vol. 164, n° 1, pp. 12-20. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.04.017.

GREER, Andrew W., VAN WYK, Jan A., HAMIE, Joseph C., BYARUHANGA, Charles et KENYON, Fiona, 2020. Refugia-Based Strategies for Parasite Control in Livestock. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1 mars 2020. Vol. 36, n° 1, pp. 31-43. DOI 10.1016/j.cvfa.2019.11.003.

HAFSI, F, CHINA, B et GHALMI, F, 2011. *Le monepantel, un nouvel anthelminthique efficace contre les nématodes gastro-intestinaux des ovins* [en ligne]. Disponible à l'adresse : [http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2012\\_156\\_1\\_04.pdf](http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2012_156_1_04.pdf)

HAN, Tianlong, WANG, Min, ZHANG, Guanghe, HAN, Dongsheng, LI, Xinwei, LIU, Guowen, LI, Xiaobing et WANG, Zhe, 2017. Gastrointestinal nematodes infections and anthelmintic resistance in grazing sheep in the Eastern Inner Mongolia in China. *Acta Parasitologica*. 1 octobre 2017. Vol. 62, n° 4, pp. 815-822. DOI 10.1515/ap-2017-0098.

HERACEK, Helena, 2020. *Dictionnaire des médicaments vétérinaires et des produits de santé animale commercialisés en France*. 23e édition. Puteaux : Les éditions du "Point Vétérinaire. ISBN 978-2-86326-386-0. U.01.04-20

HODGKINSON, Jane E., KAPLAN, Ray M., KENYON, Fiona, MORGAN, Eric R., PARK, Andrew W., PATERSON, Steve, BABAYAN, Simon A., BEESLEY, Nicola J., BRITTON, Collette, CHAUDHRY, Umer, DOYLE, Stephen R., EZENWA, Vanessa O., FENTON, Andy, HOWELL, Sue B., LAING, Roz, MABLE, Barbara K., MATTHEWS, Louise, MCINTYRE, Jennifer, MILNE, Catherine E., MORRISON, Thomas A., PRENTICE, Jamie C., SARGISON, Neil D., WILLIAMS, Diana J. L., WOLSTENHOLME, Adrian J. et DEVANEY, Eileen, 2019. Refugia and anthelmintic resistance: Concepts and challenges. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 1 août 2019. Vol. 10, pp. 51-57. DOI 10.1016/j.ijpddr.2019.05.001.

HOSTE, H, CHARTIER, C, LEFRILEUX, Y, GOUDEAU, C, BROQUA, C, PORS, I, BERGEAUD, J. P et DORCHIES, Ph, 2002. Targeted application of anthelmintics to control trichostrongylosis in dairy goats: result from a 2-year survey in farms. *Veterinary Parasitology*. 11 décembre 2002. Vol. 110, n° 1, pp. 101-108. DOI 10.1016/S0304-4017(02)00307-2.

HOSTE, H., LE FRILEUX, Y., GOUDEAU, C., CHARTIER, C., PORS, I., BROQUA, C. et BERGEAUD, J. P., 2002. Distribution and repeatability of nematode faecal egg counts in dairy goats: a farm survey and implications for worm control. *Research in Veterinary Science*. 1 juin 2002. Vol. 72, n° 3, pp. 211-215. DOI 10.1053/rvsc.2002.0546.

HOSTE, Herve, CABARET, Jacques J., GROSMOND, G. et GUITARD, J.-P., 2009. Alternatives to chemical anthelmintics in organic farming. *INRA Productions Animales*. 2009. Vol. 22, n° 3, pp. 245.

HOSTE, Herve, GUITARD, J.-P. et PONS, J.C, 2003. Pâturage mixte entre ovins et bovins: intérêt dans la gestion des strongyloses gastro-intestinales. *Association Francophone pour les Prairies et Fourrages*. 2003. N° 176, pp. 425-436.

HOSTE, Herve, JACKSON, Frank, ATHANASIADOU, S., THAMSBORG, Sm et HOSKIN, So, 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology*. 2006. Vol. 22, n° 6, pp. 253. DOI 10.1016/j.pt.2006.04.004.

HOU, Bin, YONG, Rong, WUEN, Jiya, ZHANG, Yong, BUYIN, Buhe, SUBU, Dihua, ZHA, Huhun, LI, Hong et HASI, Surong, 2022. Positivity Rate Investigation and Anthelmintic Resistance Analysis of Gastrointestinal Nematodes in Sheep and Cattle in Ordos, China. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*. 31 mars 2022. Vol. 12, n° 7, pp. 891. DOI 10.3390/ani12070891.

INN'OVIN, 2017. S'installer avec un troupeau ovin. [en ligne]. 2017. Disponible à l'adresse : <https://www.inn-ovin.fr/wp-content/uploads/2017/11/ConfTechovinInstallationSept2017VDef-1.pdf>

INSTITUS DE L'ELEVAGE et CNE, 2022. Ovins 2022, productions lait et viande. . 2022.

INTERBEV, 2022. *L'essentiel de la filière ovine 2022*. 2022. [en ligne]. [Consulté le 24 avril 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2022/09/lessentiel-ovins-2022.pdf>

ISSOUF, Mohamed, 2013. *Étude du rôle des P-glycoprotéines dans le dialogue moléculaire entre Haemonchus contortus et Heligmosomoides polygyrus bakeri et leurs hôtes*. Microbiologie et parasitologie. Université François Rabelais, Tours.

JACQUIET, Philippe, 2019. Des antiparasitaires de moins en moins efficaces. 2019. pp. 2. Disponible à l'adresse : <https://www.inn-ovin.fr/wp-content/uploads/2022/05/Paralut-2022-Web-lutte-strongles-digestifs.pdf>

JACQUIET, Philippe, 2020. *Les strongyloses gastro-intestinales des ruminants*. 2020. Cours de parasitologie, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

JEANNIN, Laurine, 2022. *Quelles perspectives d'évolution pour la gestion des strongles gastro-intestinaux en élevage ovin ?* Rapport de stage de BTS Productions animales. 42 pages. [Consulté le 13/10/2021].

JOUFFROY, S., BORDES, L., DESMOLIN, Anaëlle, FLUCK, Alexia, LAPORTE, Joëlle, GREIL, Sébastien, RICHELME, Aline, COLLIOT, François, COLLIGNON, Marie-Pierre, JURRUS, Maxime, CACHARD, Lydie, SOLAS, Justine, ANGLADE, Lucile, PAGEAULT-BLANC, S., LE FUR, M., DELMAS, C., ABBADIE, M., KNOLL, Stephane, DEVAUX, M., PERRIER, Marie, POULARD, I., SUTRA, J. F., GRISEZ, Christelle, ACHARD, D., KAREMBE, H., REMMY, D., COTREL, C., LESPINE, A. et JACQUIET, Philippe, 2022. Les résistances aux anthelminthiques des strongles gastro-intestinaux des petits ruminants : où en est-on en 2022 et quelles perspectives s'offrent à nous ? *SNGTV* [en ligne]. 1 janvier 2022. [Consulté le 7 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www2.sngtv.org/article-bulletin/les-resistances-aux-anthelminthiques-des-strongles-gastro-intestinaux-des-petits-ruminants-ou-en-est-on-en-2022-et-quelles-perspectives-soffrent-a-nous/>

JOUFFROY, S, BORDES, L, DESMOULIN, A, FLUCK, A, LAPORTE, J, GREIL, S, RICHELME, A, COLLIOT, F, COLLIGNON, Marie-Pierre, JURRUS, M, CACHARD, L, SOLAS, J, ANGLADE, L, PAGEAULT-BLANC, S, LE FUR, M, DELMAS, C, KNOLL, S, DEVAUX, M, PERRIER, Marie, POULARD, I, SUTRA, J.F, GRISEZ, C, ACHARD, D, KAREMBE, H et REMMY, D, 2022. Les résistances aux anthelminthiques des strongles gastro-intestinaux des petits ruminants : où en est-on en 2022 et quelles perspectives s'offrent à nous ? . 2022.

KAMINSKY, Ronald, DUCRAY, Pierre, JUNG, Martin, CLOVER, Ralph, RUFENER, Lucien, BOUVIER, Jacques, WEBER, Sandra Schorderet, WENGER, Andre, WIELAND-BERGHAUSEN, Susanne, GOEBEL, Thomas, GAUVRY, Noelle, PAUTRAT, François, SKRIPSKY, Thomas, FROELICH, Olivier, KOMOIN-OKA, Clarisse, WESTLUND, Bethany, SLUDER, Ann et MÄSER, Pascal, 2008. A new class of anthelmintics effective against drug-resistant nematodes. *Nature*. mars 2008. Vol. 452, n° 7184, pp. 176-180. DOI 10.1038/nature06722.



KAPLAN, Ray M., 2004. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in Parasitology*. 1 octobre 2004. Vol. 20, n° 10, pp. 477-481. DOI 10.1016/j.pt.2004.08.001.

KAPLAN, Ray M., DENWOOD, Matthew J., NIELSEN, Martin K., THAMSBORG, Stig M., TORGERSON, Paul R., GILLEARD, John S., DOBSON, Robert J., VERCRUYSSE, Jozef et LEVECKE, Bruno, 2023. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) guideline for diagnosing anthelmintic resistance using the faecal egg count reduction test in ruminants, horses and swine. *Veterinary Parasitology*. 1 juin 2023. Vol. 318, pp. 109936. DOI 10.1016/j.vetpar.2023.109936.

KENYON, F., GREER, A. W., COLES, G. C., CRINGOLI, G., PAPADOPOULOS, E., CABARET, J., BERRAG, B., VARADY, M., VAN WYK, J. A., THOMAS, E., VERCRUYSSE, J. et JACKSON, F., 2009. The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary Parasitology*. 16 septembre 2009. Vol. 164, n° 1, pp. 3-11. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.04.015.

KENYON, F. et JACKSON, F., 2012. Targeted flock/herd and individual ruminant treatment approaches. *Veterinary Parasitology*. 4 mai 2012. Vol. 186, n° 1, pp. 10-17. DOI 10.1016/j.vetpar.2011.11.041.

KENYON, Fiona, MCBEAN, David, GREER, Andrew W., BURGESS, Charlotte G. S., MORRISON, Alison A., BARTLEY, David J., BARTLEY, Yvonne, DEVIN, Leigh, NATH, Mintu et JACKSON, Frank, 2013. A comparative study of the effects of four treatment regimes on ivermectin efficacy, body weight and pasture contamination in lambs naturally infected with gastrointestinal nematodes in Scotland. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 1 décembre 2013. Vol. 3, pp. 77-84. DOI 10.1016/j.ijpddr.2013.02.001.

KNOLL, Stephane, DESSÌ, Giorgia, TAMPONI, Claudia, MELONI, Luisa, CAVALLO, Lia, MEHMOOD, Naunain, JACQUIET, Philippe, SCALA, Antonio, CAPPALÀ, Maria Grazia et VARCASIA, Antonio, 2021. Practical guide for microscopic identification of infectious gastrointestinal nematode larvae in sheep from Sardinia, Italy, backed by molecular analysis. *Parasites & Vectors*. 28 septembre 2021. Vol. 14, pp. 505. DOI 10.1186/s13071-021-05013-9.

KÖHLER, Peter, 2001. The biochemical basis of anthelmintic action and resistance. *International Journal for Parasitology*. 1 avril 2001. Vol. 31, n° 4, pp. 336-345. DOI 10.1016/S0020-7519(01)00131-X.

LACROUX, Caroline, 2006. *Régulation des populations de Nématodes gastro-intestinaux (Haemonchus contortus et Trichostrongylus colubriformis) dans deux races ovines, INRA 401 et Barbados Black Belly*. [en ligne]. phd. [Consulté le 19 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000299/>

LEATHWICK, D. M., WAGHORN, T. S., MILLER, C. M., ATKINSON, D. S., HAACK, N. A. et OLIVER, A.-M., 2006. Selective and on-demand drenching of lambs: impact

on parasite populations and performance of lambs. *New Zealand Veterinary Journal*. décembre 2006. Vol. 54, n° 6, pp. 305-312. DOI 10.1080/00480169.2006.36715.

LEFÈVRE, P.C, BLANCOU, J et CHERMETTE, René, 2003. *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail: Europe et régions chaudes*. Paris : Tec&Doc. ISBN 978-2-7430-0495-8.

LESPINE, Anne, MÉNEZ, Cécile, BOURGUINAT, Catherine et PRICHARD, Roger K., 2012. P-glycoproteins and other multidrug resistance transporters in the pharmacology of anthelmintics: Prospects for reversing transport-dependent anthelmintic resistance. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 1 décembre 2012. Vol. 2, pp. 58-75. DOI 10.1016/j.ijpddr.2011.10.001.

Lifetime Wool - more lambs better wool healthy ewes - Condition Scoring of Sheep, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 1 avril 2023]. Disponible à l'adresse : <http://lifetimewool.com.au/conditionscore.html#description>

LUO, Xiaoping, SHI, Xiaona, YUAN, Chunxiu, AI, Min, GE, Cheng, HU, Min, FENG, Xingang et YANG, Xiaoye, 2017. Genome-wide SNP analysis using 2b-RAD sequencing identifies the candidate genes putatively associated with resistance to ivermectin in *Haemonchus contortus*. *Parasites & Vectors*. 17 janvier 2017. Vol. 10, pp. 31. DOI 10.1186/s13071-016-1959-6.

LYNDAL-MURPHY, M, EHRLICH, Wk et MAYER, Dg, 2014. Anthelmintic resistance in ovine gastrointestinal nematodes in inland southern Queensland. *Australian Veterinary Journal*. 2014. Vol. 92, n° 11, pp. 415-420. DOI 10.1111/avj.12250.

MAVROT, Fabien, HERTZBERG, Hubertus et TORGERSON, Paul, 2015. Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis. *Parasites & Vectors*. 24 octobre 2015. Vol. 8, pp. 557. DOI 10.1186/s13071-015-1164-z.

MÉTÉO FRANCE, [sans date]. Le climat en France métropolitaine | Météo-France. [en ligne]. [Consulté le 19 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/comprendre-climat/france/le-climat-en-france-metropolitaine>

MITCHELL, E. S. E., HUNT, K. R., WOOD, R. et MCLEAN, B., 2010. Anthelmintic resistance on sheep farms in Wales. *Veterinary Record*. 2010. Vol. 166, n° 21, pp. 650-652. DOI 10.1136/vr.b4840.

MOREDUN RESEARCH INSTITUTE, 2023. How to use. *Barbervax* [en ligne]. 2023. [Consulté le 30 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://barbervax.com/how-to-use/>

MORENO-ROMIEUX, Carole, SALLE, Guillaume, JACQUIET, Philippe, BLANCHARD, Alexandra, CHYLINSKI, Caroline, CABARET, Jacques, FRANÇOIS, Dominique, SACCAREAU, Mathilde, ASTRUC, Jean-Michel, BAMBOU, Jean-Christophe et MANDONNET, Nathalie, 2017. La résistance génétique aux infections par les nématodes gastro-intestinaux chez les petits ruminants : un enjeu de durabilité pour les productions à l'herbe. *INRA Productions Animales*. 2017. Vol. 30, n° 1, pp. 47.

MORGAN, E. R., CAVILL, L., CURRY, G. E., WOOD, R. M. et MITCHELL, E. S. E., 2005. Effects of aggregation and sample size on composite faecal egg counts in sheep. *Veterinary Parasitology*. 15 juillet 2005. Vol. 131, n° 1, pp. 79-87. DOI 10.1016/j.vetpar.2005.04.021.

MPHAHLELE, Morutse, TSOTETSI-KHAMBULE, Ana M., MOERANE, Rebone, KOMAPE, Dennis M. et THEKISOE, Oriel M. M., 2021. Anthelmintic resistance and prevalence of gastrointestinal nematodes infecting sheep in Limpopo Province, South Africa. *Veterinary World*. février 2021. Vol. 14, n° 2, pp. 302-313. DOI 10.14202/vetworld.2021.302-313.

O'CONNOR, Lauren J., WALKDEN-BROWN, Stephen W. et KAHN, Lewis P., 2006. Ecology of the free-living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. *Veterinary Parasitology*. 30 novembre 2006. Vol. 142, n° 1-2, pp. 1-15. DOI 10.1016/j.vetpar.2006.08.035.

OS ROMANE, [sans date]. O.S. Romane. *Site Officiel de race ovine La Romane - Brebis et Béliers* [en ligne]. [Consulté le 20 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <http://www.brebis-romane.com/l-organisme-de-sélection/o-s-romane/>

PAPADOPOULOS, E., 2008. Anthelmintic resistance in sheep nematodes. *Small Ruminant Research*. 1 avril 2008. Vol. 76, n° 1, pp. 99-103. DOI 10.1016/j.smallrumres.2007.12.012.

PAPADOPOULOS, E., GALLIDIS, E. et PTOCHOS, S., 2012. Anthelmintic resistance in sheep in Europe: A selected review. *Veterinary Parasitology*. 30 septembre 2012. Vol. 189, n° 1, pp. 85-88. DOI 10.1016/j.vetpar.2012.03.036.

PAPADOPOULOS, Elias, HIMONAS, Chris et COLES, Gerald C, 2001. Drought and flock isolation may enhance the development of anthelmintic resistance in nematodes. *Veterinary Parasitology*. 28 juin 2001. Vol. 97, n° 4, pp. 253-259. DOI 10.1016/S0304-4017(01)00435-6.

PRESTON, Sarah, PIEDRAFITA, David, SANDEMAN, Mark et COTTON, Steve, 2019. The current status of anthelmintic resistance in a temperate region of Australia; implications for small ruminant farm management. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 1 août 2019. Vol. 17, pp. 100313. DOI 10.1016/j.vprsr.2019.100313.

Race ovine Causse du Lot : brebis laitières du Causse du Lot, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 20 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.races-montagnes.com/fr/races/causse-du-lot.php>

RAHMANN, Gerold et SEIP, Hannah, 2007. Alternative management strategies to prevent and control endo-parasite diseases in sheep and. *Landbauforschung Völkenrode*. 2007.

ROEBER, Florian, JEX, Aaron R. et GASSER, Robin B., 2013. Advances in the diagnosis of key gastrointestinal nematode infections of livestock, with an emphasis on small ruminants. *Biotechnology Advances*. décembre 2013. Vol. 31, n° 8, pp. 1135-1152. DOI 10.1016/j.biotechadv.2013.01.008.

ROSE VINEER, Hannah, MORGAN, Eric R., HERTZBERG, Hubertus, BARTLEY, David J., BOSCO, Antonio, CHARLIER, Johannes, CHARTIER, Christophe, CLAEREBOUT, Edwin, DE WAAL, Theo, HENDRICKX, Guy, HINNEY, Barbara, HÖGLUND, Johan, JEŽEK, Jožica, KAŠNÝ, Martin, KEANE, Orla M., MARTÍNEZ-VALLADARES, María, MATEUS, Teresa Letra, MCINTYRE, Jennifer, MICKIEWICZ, Marcin, MUNOZ, Ana Maria, PHYTHIAN, Clare Joan, PLOEGER, Harm W., RATAJ, Aleksandra Vergles, SKUCE, Philip J., SIMIN, Stanislav, SOTIRAKI, Smaragda, SPINU, Marina, STUEN, Snorre, THAMSBORG, Stig Milan, VADLEJCH, Jaroslav, VARADY, Marian, VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, Georg et RINALDI, Laura, 2021. Increasing importance of anthelmintic resistance in European livestock: creation and meta-analysis of an open database. *Parasite*. 6 décembre 2021. Vol. 27, pp. 69. DOI 10.1051/parasite/2020062.

ROTHWELL, Jim et SANGSTER, Nicholas, 1997. Haemonchus contortus: The uptake and metabolism of closantel. *International Journal for Parasitology*. 1 mars 1997. Vol. 27, n° 3, pp. 313-319. DOI 10.1016/S0020-7519(96)00200-7.

RUIZ-HUIDOBRO, Claire, 2018. *Impact du pâturage cellulaire sur la dynamique des populations de strongles gastro-intestinaux chez les ovins*. Médecine vétérinaire et santé animale. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. T-2018-037

SACCAREAU, Mathilde, SALLÉ, Guillaume, ROBERT-GRANIÉ, Christèle, DUCHEMIN, Tom, JACQUIET, Philippe, BLANCHARD, Alexandra, CABARET, Jacques et MORENO, Carole R., 2017. Meta-analysis of the parasitic phase traits of Haemonchus contortus infection in sheep. *Parasites & Vectors* [en ligne]. 24 avril 2017. Vol. 10. [Consulté le 17 juin 2021]. DOI 10.1186/s13071-017-2131-7. Disponible à l'adresse : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5402645/>

SALGADO, Jordana Andrioli et SANTOS, Clóvis de Paula, 2016. Overview of anthelmintic resistance of gastrointestinal nematodes of small ruminants in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. 11 mars 2016. Vol. 25, pp. 3-17. DOI 10.1590/S1984-29612016008.

SOTO-BARRIENTOS, N., CHAN-PÉREZ, J. I., ESPAÑA-ESPAÑA, E., NOVELO-CHI, L. K., PALMA-ÁVILA, I., CEBALLOS-MENDOZA, A. C., SARABIA-HERNÁNDEZ, J. A., SANTOS-RICALDE, R. H., CÁMARA-SARMIENTO, R. et TORRES-ACOSTA, J. F. J., 2018. Comparing body condition score and FAMACHA© to identify hair-sheep ewes with high faecal egg counts of gastrointestinal nematodes in farms under hot tropical conditions. *Small Ruminant Research*. 1 octobre 2018. Vol. 167, pp. 92-99. DOI 10.1016/j.smallrumres.2018.08.011.

STAFFORD, K. A., MORGAN, E. R. et COLES, G. C., 2009. Weight-based targeted selective treatment of gastrointestinal nematodes in a commercial sheep flock. *Veterinary Parasitology*. 16 septembre 2009. Vol. 164, n° 1, pp. 59-65. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.04.009.

TAYLOR, M. A., HUNT, K. R. et GOODYEAR, K. L., 2002. Anthelmintic resistance detection methods. *Veterinary Parasitology*. 28 janvier 2002. Vol. 103, n° 3, pp. 183-194. DOI 10.1016/S0304-4017(01)00604-5.

TAYLOR, M. A., LEARMOUNT, J., LUNN, E., MORGAN, C. et CRAIG, B. H., 2009. Multiple resistance to anthelmintics in sheep nematodes and comparison of methods used for their detection. *Small Ruminant Research*. 1 octobre 2009. Vol. 86, n° 1, pp. 67-70. DOI 10.1016/j.smallrumres.2009.09.020.

TEIXEIRA, Weslen Fabricio Pires, GOMES, Lucas Vinicius Costa, FELIPPELLI, Gustavo, BUZZULINI, Carolina, ZAPA, Dina Maraia Beltran, CAVALCANTE, Alliny Souza de Assis, BORGES, Dyego Gonçalves Lino, FERREIRA, Lorena Lopes, SANTOS, Thais Rabelo dos, SOARES, Vando Edesio, ARNHOLD, Emmanuel, COSTA, Alvimar José da, BORGES, Fernando de Almeida et LOPES, Welber Daniel Zanetti, 2021. Investigation of fecal egg counts versus worm burden and helminth fauna in cattle treated or not with macrocyclic lactones in a tropical region. *Veterinary Parasitology*. 1 décembre 2021. Vol. 300, pp. 109618. DOI 10.1016/j.vetpar.2021.109618.

TEREFE, G., LACROUX, C., ANDREOLETTI, O., GRISEZ, C., PREVOT, F., BERGEAUD, J. P., PENICAUD, J., ROUILLON, V., GRUNER, L., BRUNEL, J. C., FRANCOIS, D., BOUIX, J., DORCHIES, P. et JACQUIET, P., 2007. Immune response to *Haemonchus contortus* infection in susceptible (INRA 401) and resistant (Barbados Black Belly) breeds of lambs. *Parasite Immunology*. août 2007. Vol. 29, n° 8, pp. 415-424. DOI 10.1111/j.1365-3024.2007.00958.x.

TORRES-ACOSTA, J. F. J. et HOSTE, H., 2008. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research*. 1 juillet 2008. Vol. 77, n° 2, pp. 159-173. DOI 10.1016/j.smallrumres.2008.03.009.

TURNBULL, Frank, DEVANEY, Eileen, MORRISON, Alison A., LAING, Roz et BARTLEY, Dave J., 2019. Genotypic characterisation of monepantel resistance in historical and newly derived field strains of *Teladorsagia circumcincta*. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 1 décembre 2019. Vol. 11, pp. 59-69. DOI 10.1016/j.ijpddr.2019.10.002.

URQUHART, G.M, ARMOUR, J, DUNCAN, J.L, DUNN, A.M et JENNINGS, F.W, 1996. *Veterinary parasitology, 2nd edition*. Blackwell Science. ISBN 978-0-632- 04051-3.

VALCÁRCEL, F., AGUILAR, A. et SÁNCHEZ, M., 2015. Field evaluation of targeted selective treatments to control subclinical gastrointestinal nematode infections on small ruminant farms. *Veterinary Parasitology*. juin 2015. Vol. 211, n° 1-2, pp. 71-79. DOI 10.1016/j.vetpar.2015.04.014.

VAN WYK, J. A., HOSTE, H., KAPLAN, R. M. et BESIÉ, R. B., 2006. Targeted selective treatment for worm management—How do we sell rational programs to farmers? *Veterinary Parasitology*. 31 juillet 2006. Vol. 139, n° 4, pp. 336-346. DOI 10.1016/j.vetpar.2006.04.023.

VAN WYK, Jan A. et BATH, Gareth F., 2002. The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Veterinary Research*. 2002. Vol. 33, n° 5, pp. 509-529. DOI 10.1051/vetres:2002036.

VAN WYK, Jan A. et MAYHEW, Estelle, 2013. Morphological identification of parasitic nematode infective larvae of small ruminants and cattle: a practical lab guide. *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. 13 mars 2013. Vol. 80, n° 1, pp. 539. DOI 10.4102/ojvr.v80i1.539.

WAGHORN, T. S., LEATHWICK, D. M., RHODES, A. P., LAWRENCE, K. E., JACKSON, R., POMROY, W. E., WEST, D. M. et MOFFAT, J. R., 2006. Prevalence of anthelmintic resistance on sheep farms in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*. décembre 2006. Vol. 54, n° 6, pp. 271-277. DOI 10.1080/00480169.2006.36710.

WHITTAKER, J. H., CARLSON, S. A., JONES, D. E. et BREWER, M. T., 2017. Molecular mechanisms for anthelmintic resistance in strongyle nematode parasites of veterinary importance. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 2017. Vol. 40, n° 2, pp. 105-115. DOI 10.1111/jvp.12330.

WILLIAMS, Andrew R. et PALMER, Dieter G., 2012. Interactions between gastrointestinal nematode parasites and diarrhoea in sheep: pathogenesis and control. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*. juin 2012. Vol. 192, n° 3, pp. 279-285. DOI 10.1016/j.tvjl.2011.10.009.

WOLSTENHOLME, Adrian J., FAIRWEATHER, Ian, PRICHARD, Roger, VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, Georg et SANGSTER, Nicholas C., 2004. Drug resistance in veterinary helminths. *Trends in Parasitology*. 1 octobre 2004. Vol. 20, n° 10, pp. 469-476. DOI 10.1016/j.pt.2004.07.010.

XU, M., MOLENTO, M., BLACKHALL, W., RIBEIRO, P., BEECH, R. et PRICHARD, R., 1998. Ivermectin resistance in nematodes may be caused by alteration of P-glycoprotein homolog. *Molecular and Biochemical Parasitology*. 15 mars 1998. Vol. 91, n° 2, pp. 327-335. DOI 10.1016/s0166-6851(97)00215-6.

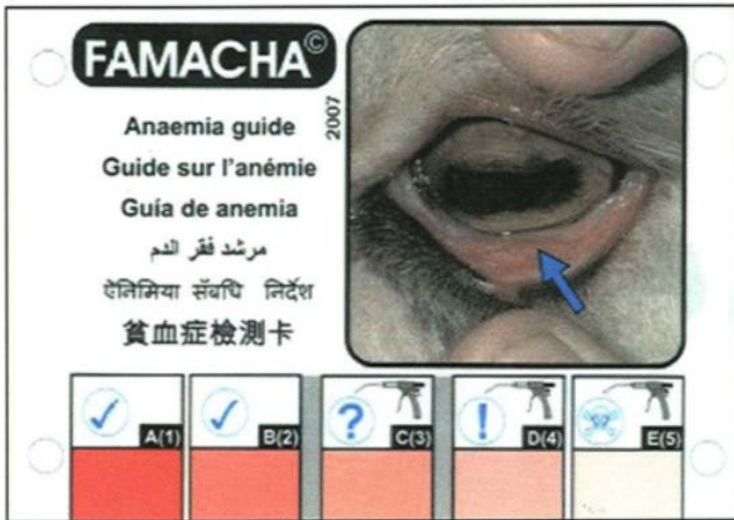
YVORE, P., CABARET, Jacques et PERY, P., 1996. Les maladies parasitaires en élevage : la recherche de nouveaux moyens de lutte. *Productions Animales*. 1996. Vol. HS, pp. 111.

ZAJAC, Anne M. et GARZA, Javier, 2020a. Biology, Epidemiology, and Control of Gastrointestinal Nematodes of Small Ruminants. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. mars 2020. Vol. 36, n° 1, pp. 73-87. DOI 10.1016/j.cvfa.2019.12.005.

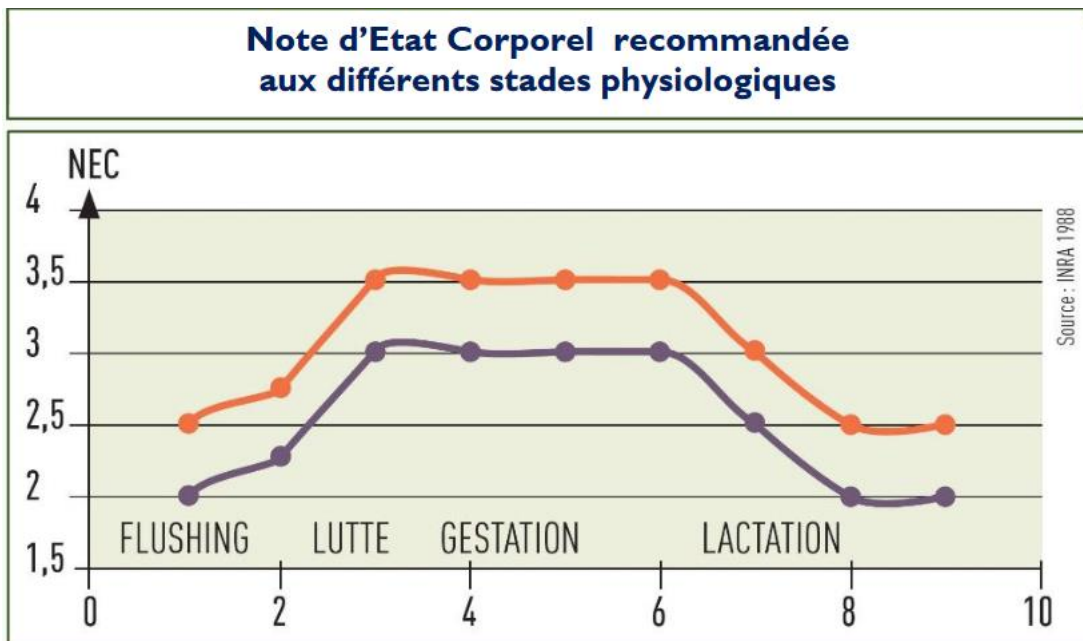
ZAJAC, Anne M. et GARZA, Javier, 2020b. Biology, Epidemiology, and Control of Gastrointestinal Nematodes of Small Ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1 mars 2020. Vol. 36, n° 1, pp. 73-87. DOI 10.1016/j.cvfa.2019.12.005.

# Annexes

**Annexe 1 :** Grille de score FAMACHA® (van Wyk, Bath 2002)



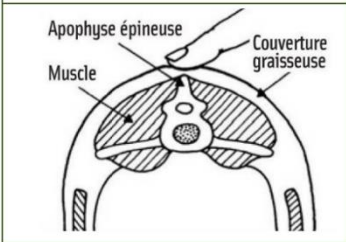
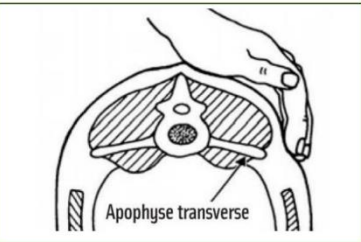
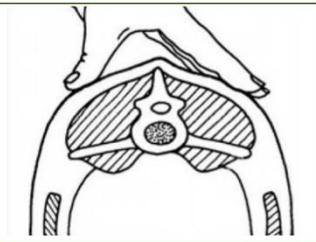
**Annexe 2 :** Objectifs de NEC selon le stade physiologique, à partir de (3-Points-cles-sur-lEtat-Corporel-des-ovins-INT-BCTI-2020-vf.pdf [03.2020])







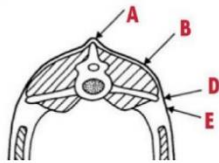
**Annexe 4: Evaluation de la Note d'État Corporel, adapté à partir de (3-Points-cles-sur-l'Etat-Corporel-des-ovins-INT-BCTI-2020-vf.pdf [03.2020])**

Technique de palpation des ovins pour déterminer leur état corporel		
1 - Palpation du dos	2 - Palpation de côté	3- Evaluation du muscle
 <p>Palpation du dos en arrière de la dernière côte pour sentir l'apophyse épineuse des vertèbres dorsales et évaluer leur proéminence.</p>	 <p>Palpation de chaque côté de la colonne vertébrale afin d'évaluer le recouvrement des apophyses épineuses, ainsi que l'épaisseur des muscles sous-lombaires (les doigts passent facilement dessous ou non).</p>	 <p>Évaluation de l'épaisseur et de la forme du muscle, ainsi que de sa couverture graisseuse.</p>

**NOTE 1 = brebis très maigre ou émaciée**

- A > Épine pointue et proéminente
- B > Pas de graisse de couverture
- D > Processus transverses pointus
- E > Les doigts passent facilement dessous et palpent chacun d'eux

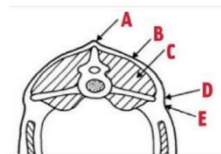
Les apophyses épineuses et transverses sont saillantes et pointues. Les doigts passent facilement sous leurs extrémités et entre elles. Il n'y a pas de gras de couverture.



**NOTE 2 = brebis assez maigre**

- A > Épine proéminente, mais moins saillante
- B > Fine couverture de graisse
- C > Développement modéré des muscles
- D > Processus transverses arrondis
- E > Une pression est nécessaire pour passer les doigts dessous

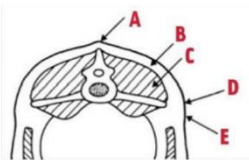
Les apophyses épineuses et transverses sont encore proéminentes mais arrondies. Il est possible, en exerçant une légère pression, d'engager les doigts sous leur extrémité. L'épaisseur de la noix du muscle est moyenne, de même que la couverture adipeuse.



**NOTE 3 = brebis en état**

- A > Épine arrondie
- B > Couverture graisseuse modérée
- C > Muscles pleins
- D > Processus transverses arrondis
- E > Une forte pression des doigts est nécessaire pour localiser les pointes osseuses

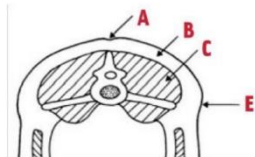
Les apophyses épineuses forment de légères ondulations souples. Chacun des os peut être individualisé sous l'effet d'une pression des doigts. Les apophyses transverses sont bien couvertes. Seule une forte pression permet d'en distinguer les extrémités. La noix du muscle est pleine.



**NOTE 4 = brebis grasse**

- A > Épine dorsale réduite à une ligne
- B > Épaisse couverture graisseuse
- C > Muscles pleins
- E > Impossible de sentir les processus transverses

Seule une pression permet de détecter les apophyses épineuses sous la forme d'une ligne dure entre deux muscles (recouverts de gras).



Il est difficile de sentir les extrémités des apophyses transverses.

**Annexe 5 : Suivi coproscopique de l'infestation parasitaire au cours de l'étude dans l'élevage C**

Date	Lot	Intensité d'excrétion fécale (opg)
04/08/2021	Non traitées le 21/06/2021	500
04/08/2021	Traitées le 21/06/2021	162,5
04/11/2021	Non traitées le 23/08/2021	250
04/11/2021	Traitées le 23/08/2021	30
04/11/2021	Non traitées le 27/09/2021	650
04/11/2021	Traitées le 27/09/2021	200
12/01/2022	Lot agnelage février, rentrée bergerie	532
14/03/2022	Lot agnelage avril, rentrée bergerie	455
09/06/2023	Lot agnelage février	150
13/06/2022	Jeunes du lot pâturage cellulaire	150
13/06/2022	Vieilles du lot pâturage cellulaire	15
13/06/2022	Jeunes du lot pâturage classique	300
13/06/2022	Vieilles du lot pâturage classique	800
12/07/2022	Jeunes du lot pâturage cellulaire	200
12/07/2022	Vieilles du lot pâturage cellulaire	200
12/07/2022	Jeunes du lot pâturage classique	400
12/07/2022	Vieilles du lot pâturage classique	450

***Annexe 6 : Suivi coproscopique de l'infestation parasitaire au cours de l'étude dans l'élevage F***

Date	Lot	Intensité d'excrétion fécale (opg)
26/10/2021	Brebis non traitées TCS 2021, rentrée en bergerie	700
26/10/2021	Brebis traitées TCS 2021, rentrée en bergerie	960
05/05/2022	2020-2021	350
05/05/2022	2014-2019	650

21/06/2022	2020-2021	800
21/06/2022	2014-2019	250
03/08/2022	2020-2021	1550
03/08/2022	2014-2019	1100

---



NOMS : ANGLADE Lucile et SOLAS Justine

TITRE : Traitement ciblé sélectif contre les strongles gastro-intestinaux chez la brebis allaitante : mise en place dans deux lycées agricoles

RESUMÉ : Dans le cadre d'une lutte intégrée contre les strongyloses gastro-intestinales, le traitement ciblé sélectif vise à ne traiter que les animaux en ayant le plus besoin. Ménager une population refuge vise à limiter l'apparition et la propagation des résistances. Cette étude a concerné deux élevages sur une période de deux ans. L'évaluation des résistances a été réalisée avec un test de réduction d'excrétion fécale post-traitement au tout début de l'étude. Un des élevages présentait déjà des populations de *Teladorsagia circumcincta* et de *Trichostrongylus colubriformis* multirésistantes. Pour la mise en place du Traitement ciblé sélectif (TCS), les critères retenus pour traiter les animaux étaient l'âge, la présence de traces de diarrhée et l'appréciation de l'état corporel par l'éleveur. Au cours des cinq TCS réalisés, entre 36,6 et 78,6% des brebis ont été traitées. Les critères zootechniques évalués n'ont pas été dégradés chez les brebis non traitées. Le suivi de l'helminthofaune a permis de mettre en évidence une augmentation de la diversité des strongles digestifs sur la période d'étude.

MOTS CLES : STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX, TRAITEMENT CIBLÉ SÉLECTIF, RÉSISTANCES, ANTHELMINTHIQUES, OVINS, ELEVAGE ALLAITANT.

---

TITLE: Targeted selective treatment against gastrointestinal nematodes in suckler ewes: implementation in two agricultural colleges.

ABSTRACT: As part of an integrated approach to controlling gastrointestinal nematodes (GIN), selective targeted treatment aims at treating only those animals most in need. The objective of maintaining a population in refugia is to limit the emergence and spread of anthelmintic resistance. This study involved two farms over a two-year period. Resistance was assessed by Fecal egg count reduction test beforehand. One of the farms had multi-resistant strains of *Teladorsagia circumcincta* and *Trichostrongylus colubriformis*. For the implementation of the targeted selective treatment (TST), the criteria used to treat the animals were age, the presence of traces of diarrhea and the farmer's assessment of body condition. Between 36.6 and 78.6% of the ewes were treated during the five occurrence of TST. The zootechnical criteria assessed were not impaired in the untreated ewes. Helminthofauna monitoring revealed an increase in GIN diversity over the period.

KEY WORDS: GASTROINTESTINAL NEMATODES, TARGETED SELECTIVE TREATMENT, RESISTANCES, ANTHELMINTIC, SHEEP, SUCKLER FARMING