



HAL
open science

Suivi de l'infestation en strongles gastro-intestinaux de troupeaux de brebis basco-béarnaises estivant dans les Pyrénées Atlantiques, et circulation de souches d'*haemonchus contortus* résistants à l'éprinomectine

Lisa Guiraud

► To cite this version:

Lisa Guiraud. Suivi de l'infestation en strongles gastro-intestinaux de troupeaux de brebis basco-béarnaises estivant dans les Pyrénées Atlantiques, et circulation de souches d'*haemonchus contortus* résistants à l'éprinomectine. Médecine vétérinaire et santé animale. 2024. dumas-04788296

HAL Id: dumas-04788296

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04788296v1>

Submitted on 18 Nov 2024

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

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

ANNEE 2024 THESE : 2024 – TOU 3 – 4101

SUIVI DE L'INFESTATION EN STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX DE TROUPEAUX DE BREBIS BASCO-BÉARNAISES ESTIVANT DANS LES PYRÉNÉES ATLANTIQUES, ET CIRCULATION DE SOUCHES D'HAEMONCHUS CONTORTUS RÉSISTANTS A L'ÉPRINOMECTINE

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

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

GIRAUD Elisa, Marie, Lucie

Directeur de thèse : M. Philippe JACQUIET

JURY

PRESIDENT :
M. Alain DUCOS

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESEURS :
M. Philippe JACQUIET
M. Laurent-Xavier NOUVEL

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRES INVITES :
Mme Sophie JOUFFROY
M. Arthur BUREAU

Docteur vétérinaire à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Directeur d'exploitation du lycée agricole d'Oloron Sainte-Marie

**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. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- 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^{ère} CLASSE

- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- 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*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*

PROFESSEURS 2^{ème} CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie-Thérapeutique*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- 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*
M. JAEG Jean-Philippe, *Pharmacie et toxicologie*
Mme LALLEMAND Elodie, *Chirurgie des équidés*
M. LIENARD Emmanuel, *Parasitologie et maladies parasitaires*
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. COMBARROS Daniel, *Dermatologie vétérinaire*
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*
Mme DÛUET Jean-Yves, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
M. FERCHIOU Ahmed, *Economie et gestion des entreprises vétérinaires agricoles*
Mme FUSADE-BOYER, *Microbiologie et infectiologie thérapeutiques et résistances*
Mme GRANAT Fariny, *Biologie médicale animale*
Mme JOURDAN Géraldine, *Anesthésie, analgésie comparée*
Mme JOUSSERAND Nicolas, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme LAVOUE Rachel, *Médecine Interne*
Mme LE GRAVERAND Quentin, *Alimentation animale*
Mme LE LOC'H Guillaume, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
Mme MEYNAUD-COLLARD Patricia, *Pathologie chirurgicale*
Mme MILA Hanna, *Elevage des carnivores domestiques*
M. OTAVIANO DO REGO Renato, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme PIERRON Alix, *Pharmacie-Toxicologie*
Mme VERGNE Timothée, *Santé publique vétérinaire, maladies animales réglementées*
Mme WARET-SZKUTA Agnès, *Production et pathologie porcine*

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 DIDIER Caroline, *Anesthésie, analgésie*
M. DELPONT Mattias, *Clinique Aviaire*
Mme DUPOUY GUIRAUTE Véronique, *Innovations thérapeutiques et résistances*
Mme GAILLARD Elodie, *Urgences, soins intensifs*
Mme GEFRE Anne, *Biologie médicale animale et comparée*
Mme GRISEZ Christelle, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme JEUNESSE Elisabeth, *Bonnes pratiques de laboratoire*
Mme LAYSSOL-LAMOUR Catherine, *Imagerie Médicale*
Mme POUJADE Agnès, *Anatomie pathologique vétérinaire*
Mme PRESSANTI Charline, *Dermatologie vétérinaire*
M. RAMON PORTUGAL Felipe, *Innovations thérapeutiques et résistances*
M. REYNOLDS Brice, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme ROUCH BUCK Pétra, *Médecine préventive*
Mme SAADA Chloé, *Gestion intégrée de la santé des ruminants*

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Alain Ducos

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, *Zootéchnie*.

Qui me fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et mes hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur Philippe Jacquet

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, *Parasitologie et maladies parasitaires – Zoologie*.

Qui m'a fait l'honneur de me confier ce travail en devenant mon directeur de thèse, et qui m'a guidée dans sa réalisation. Qu'il trouve ici le témoignage de mon profond respect et de ma sincère gratitude.

A Monsieur le Docteur Xavier Nouvel

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, *Pathologie de la reproduction – unité mixte ENVT / INRA / IHAP*.

Qui me fait l'honneur de participer à mon jury de thèse. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

A Madame le Docteur Sophie Jouffroy

PhD Student – Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, *Parasitologie et maladies parasitaires*.

Qui me fait l'honneur d'accepter mon invitation dans mon jury de thèse. Qui m'a accompagnée et guidée tout au long de ce projet. Qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et mes sincères respects.

A Monsieur Arthur Bureau

Directeur d'exploitation – Exploitation du lycée agricole d'Oloron Sainte Marie.

Qui m'a fait l'honneur d'accepter mon invitation dans mon jury de thèse. Qui m'a aidée dans la collecte de données. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Aux éleveurs et bergers de l'estive du Soussoueu

Qui ont accepté de participer à cette étude. Merci pour l'accueil en estive et l'aide pour les prélèvements. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

A ma famille et amis,

Qui m'ont soutenue et accompagnée au cours de mes années d'études. Merci pour tout.

Table des matières

TABLE DES TABLEAUX.....	5
TABLE DES FIGURES.....	6
LISTE DES ABREVIATIONS	9
Introduction	11
I. BIOLOGIE DES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX.....	13
A. Classification.....	13
B. Morphologie	15
C. Cycle biologique.....	16
D. Epidémiologie.....	18
1. Périodes d'infestations	18
2. Causes favorisantes.....	18
3. Résistance et résilience.....	19
4. Transmission	20
E. Physiopathologie.....	20
1. Physiopathologie à l'échelle cellulaire et tissulaire	20
a) Action traumatique	20
b) Action chimique.....	21
c) Action spoliatrice.....	21
d) Action antigénique	21
2. Physiopathologie à l'échelle de l'organisme	22
a) Modification de l'ingestion et de l'assimilation des nutriments par l'hôte..	22
b) Modification du métabolisme	22
F. Expression clinique	22
1. Particularités liées à l'espèce <i>Haemonchus contortus</i>	23
a) Haemonchose chronique	23
b) Haemonchose aiguë	23
c) Haemonchose suraiguë	24
2. Particularités liées aux deux autres espèces d'intérêt majeur.....	24
a) <i>Teladorsagia circumcincta</i>	24
b) <i>Trichostrongylus colubriformis</i>	24
G. Diagnostic	25
1. Diagnostic clinique	25
a) Evaluation de l'état corporel.....	25

b)	Evaluation de l'intensité de l'anémie	26
c)	Evaluation de la sévérité de la diarrhée	26
2.	Diagnostic de laboratoire	27
a)	Analyse coproscopique	27
b)	Coproculture et identification des larves	29
3.	Diagnostic post mortem	32
II.	LUTTE CONTRE LES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX EN OVIN LAITIER.....	33
A.	Lutte chimique.....	33
1.	Familles d'anthelminthiques utilisables en cas de strongylose digestive ovine 33	
2.	Molécules autorisées en élevage laitier.....	35
a)	Cas général	35
b)	Focus sur l'éprinomectine	36
B.	Autres méthodes de lutte ou de prévention.....	36
1.	Gestion du pâturage	37
2.	Sélection génétique	38
3.	Ingestion de plantes à effets anthelminthique et utilisation de prédateurs des larves	38
a)	Plantes à tanins	38
b)	Champignons nématophages	38
c)	Acariens du genre <i>Macrocheles</i> et <i>Parasitus</i>	39
C.	Résistance aux anthelminthiques et conséquences.....	39
1.	Définition	39
2.	Prévalence des résistances.....	40
a)	A l'international	40
b)	En France	42
3.	Mécanismes moléculaires de résistance	42
a)	Mécanisme non spécifique	42
b)	Mécanisme spécifique	43
4.	Protocole de mise en évidence d'une résistance	43
a)	FECRT.....	43
b)	WormMicro Tracker©.....	45
5.	Facteurs de risques d'apparition de résistances et les bonnes pratiques associées.....	46

a)	Génétique du nématode	46
b)	Fréquence d'utilisation d'une molécule	46
c)	Traitement systématique.....	46
d)	Sous dosage.....	47
e)	Rémanence	47
f)	Médicaments à large spectre	48
g)	Mode de traitement.....	48
III.	PRÉSENTATION DU TERRITOIRE, DE SA PRODUCTION OVINE LAITIÈRE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	49
A.	Contexte géographique et climatique des Pyrénées Atlantiques	49
B.	Contexte agricole en ovin lait dans le département des Pyrénées Atlantiques .	50
C.	Race basco-béarnaise et typologie d'élevage ovin lait dans les Pyrénées Atlantiques	52
D.	Transhumance et estive, des pratiques ancestrales	52
E.	Objectifs de l'étude.....	56
IV.	SUIVI PARASITAIRE DE CHEPTELS OVINS LAITIERS COTRANSHUMANTS	58
A.	Préambule.....	58
B.	Introduction	58
C.	Matériels et méthodes.....	59
1.	Présentation des élevages suivis	59
a)	Exploitation du lycée agricole et technologique d'Oloron Sainte Marie : situation initiale avant la mise en place du suivi	59
b)	"Exploitation A"	60
c)	"Exploitation B" et "C"	60
2.	Présentation de l'estive	61
3.	Dates de prélèvement	62
4.	Techniques employées.....	63
a)	Prélèvements	63
b)	Analyses coprologiques	63
c)	Coprocultures	63
d)	Identifications des larves.....	64
e)	Identification des résistances	64
f)	Analyse statistique et présentation graphique.....	64
D.	Résultats	65

1. Réalisation du protocole de terrain	65
a) Changement de dates de prélèvement	65
b) Suivi appliqué pour l'élevage A.....	66
c) Poursuite en 2023 au lycée agricole et dans l'élevage A.....	66
2. Données coproscopiques	67
a) Lycée agricole d'Oloron Sainte Marie	67
b) Elevage A	71
3. Efficacité des traitements	72
a) Lycée agricole d'Oloron Sainte Marie	72
b) Elevage A	73
4. Données d'identifications de larves	74
5. Résultats dans les élevages B et C	80
6. Recueil récapitulatif des traitements anthelminthiques effectués.....	82
Discussion.....	84
1. Protocole	84
2. Bilan des résultats coproscopiques, des tests d'efficacité et des identifications larvaires	86
3. Notions de climat et écotoxicité	88
Conclusion	90
BIBLIOGRAPHIE	95

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les principales espèces de strongles digestifs des ruminants et leur localisation (Lefèvre 2003; Richelme, Greil 2019) (OV : Ovins, CP : Caprins, BV : Bovins, EQ : équidés).....	14
Tableau 2 : Caractéristiques et morphologie des 3 principales espèces de strongles gastro-intestinaux ovins. D’après l’ouvrage de Soulsby Ernest Jackson Lawson, “Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals”, 1982.....	15
Tableau 3 : Éléments de diagnose des larves L3 pour l’identification microscopique, d’après Knoll et al, 2021.....	30
Tableau 4 : Mécanismes d’action et toxicité des différentes familles d’anthelminthiques nématocides ovins. D’après Whittaker et al (2017) et MSD Veterinary Manual.....	34
Tableau 5 : Molécules anthelminthiques possédant une AMM en production ovine en France avec délais d’attente et conditions d’utilisation, d’après Bordes et al, 2020.....	35
Tableau 6 : Résumé des résistances aux anthelminthiques identifiées en Europe chez les 3 principaux nématodes affectant les ovins, en 2015 (Rose et al, 2015).....	41
Tableau 7 : Historique de l’apparition de résistance en élevage ovin dans le monde (Kotze, Prichard, 2016 ; Richelme, Greil, 2019).....	41
Tableau 8 : Délai post traitement pour le second prélèvement dans le cadre d’un FECRT, d’après Jacquet, Fidelle et al. 2014.....	44
Tableau 9 : Recommandations d’interprétation du FECRT, d’après la WAAVP.....	45
Tableau 10 : Collecte française de lait de brebis (campagne laitière de novembre à octobre), extrait de “Ovins 2023, les chiffres clefs du GEB” (d’après les chiffres de FranceAgriMer et Interprofessions).....	51
Tableau 11 : Répartition des différents élevages dans les 2 estives de l’étude au cours de ces dernières années. D’après les informations collectées pendant l’étude auprès des différents élevages.....	61
Tableau 12 : Résultats coproscopiques dans l’élevage A en 2022, coprologies individuelles et valeurs en moyenne d’œufs par gramme pour chaque lot avec traitement anthelminthique le 10/07/22.....	71
Tableau 13 : Résultats coproscopiques dans l’élevage A en 2023, coprologies individuelles mais valeurs en moyenne d’œufs par gramme pour chaque lot avec traitement anthelminthique le 24/04/23.....	71
Tableau 14 : Résultats du test de réduction de l’intensité d’excrétion fécale post-traitement de décembre 2021 au lycée agricole (IC = intervalle de confiance).....	72
Tableau 15 : Résultats du FECRT de mai 2023 dans le cheptel du lycée agricole avec J0=11.05.23 et J14=1.06.23.....	73
Tableau 16 : Résultats coproscopiques (comptage des œufs de strongles uniquement) 16 jours post-traitement à la moxidectine par voie orale, en estive, sur 15 individus de l’élevage A, 26 juillet 2022.....	73
Tableau 17 : Résultats coproscopiques du FECRT d’octobre 2022 ans l’élevage A, coprologies individuelles mais valeurs en moyenne d’œufs par gramme pour chaque lot avec traitement anthelminthique le 05/10/22.....	73
Tableau 18: Résultats du FECRT d’octobre 2022 dans l’élevage A, J0=5/10/2022 et J14=19/10/2022.....	74
Tableau 19 : Résultats coproscopiques dans l’élevage A en 2023, coprologies individuelles mais valeurs en moyenne d’œufs par gramme pour chaque lot avec traitement anthelminthique le 24/04/23.....	74
Tableau 20 : Résultats du FECRT de mai 2023 dans l’élevage A, J0=24.04.23 et J14=9.05.23 avec traitement le 2.05.23.....	74
Tableau 21 : Résultats de test de réduction de l’excrétion fécale de l’élevage B en octobre 2022, analyses et calculs réalisés à l’ENVT.....	80
Tableau 22 : Résultats de test de réduction de l’excrétion fécale de l’élevage C en avril 2022, analyses et calculs réalisés à l’ENVT.....	81
Tableau 23 : Récapitulatif des traitements anthelminthiques dans les exploitations du lycée agricole et l’élevage A en 2022 et 2023.....	83

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Œufs de strongles digestifs, seul l'œuf de <i>Nematodirus</i> spp. au centre peut être identifié avec certitude, les autres œufs (en périphérie) peuvent provenir de plusieurs genres différents (Photo P. Jacquet, ENV Toulouse).....	15
Figure 2 : Cycle biologique des strongles digestifs ovins, d'après le cours de parasitologie du professeur Jacquet, 2021.....	16
Figure 3 : Carte topographique du département des Pyrénées Atlantiques, mars 2008, extrait du site "Wikipédia" (https://fr.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9arn) consulté le 15.02.24.	49
Figure 4 : Cheptels régionaux de brebis et agnelles saillies en 2022 (1000 têtes), extrait de de "OVINS 2023, les chiffres clefs du GEB".....	50
Figure 5 : Carte délimitant la zone d'AOP Ossau-iraty, d'après le site internet https://www.ossau-iraty.fr/ consulté le 15/02/24.....	51
Figure 6 : Estives collectives, surfaces collectives et superficie admissible en hectare, par département, d'après le fichier montées et descentes, ASP 2020, Agreste, site web https://vizagreste.agriculture.gouv.fr/la-transhumance-collective.html consulté le 06/07/2024...	53
Figure 7 : Estives collectives, nombre de têtes accueillies en surfaces collectives en France (tous massifs confondus), d'après le fichier montées et descentes, ASP 2020, Agreste, site web https://vizagreste.agriculture.gouv.fr/la-transhumance-collective.html consulté le 06/07/2024...	54
Figure 8 : Estives collectives, Pyrénées ouest : transhumances d'un EPCI à l'autre (EPCI = établissement public de coopération intercommunale), d'après le fichier montées et descentes, ASP 2020, Agreste, site web https://vizagreste.agriculture.gouv.fr/la-transhumance-collective.html consulté le 06/07/2024.....	55
Figure 9 : Calendrier prévisionnel des manipulations de l'étude sur le cheptel du lycée agricole en 2022.62	
Figure 10 : Calendrier réellement appliqué des manipulations de l'étude sur le cheptel du lycée agricole en 2022.	65
Figure 11 : Calendrier des prélèvements coprologiques dans l'élevage A en 2022.	66
Figure 12 : Calendrier des analyses coprologiques en 2023 sur le cheptel du lycée agricole.	66
Figure 13 : Calendrier des prélèvements coprologiques dans l'élevage A en 2023.	67
Figure 14 : Evolution de la l'excrétion d'œufs de SGI du troupeau au fil du temps sur le cheptel du lycée agricole (opg en ordonnée, dates en abscisse).....	68
Figure 15 : Comparaison de l'évolution de la charge parasitaire des primipares et multipares au fil du temps sur le cheptel du lycée agricole (opg en ordonnée, dates en abscisse).	68
Figure 16 : Evolution de la charge parasitaire des lots de primipares et multipares faibles et fortes excrétrices à la première coproscopie, au fil du temps sur le cheptel du lycée agricole (opg en ordonnée, dates en abscisse).	69
Figure 17: Evolution au fil du temps de l'excrétion d'œufs chez les primipares et les multipares selon la classe de NEC sur le cheptel du lycée agricole (opg en ordonnée, NEC en abscisse).....	70
Figure 18 : Suivi de la charge parasitaire moyenne sur le troupeau du lycée agricole en 2023 (opg en ordonnée, dates en abscisse).	71
Figure 19 : Résultats d'identification des larves par qPCR au laboratoire de l'ENVT, analyse réalisée le 02.03.2022 sur les prélèvements coprologiques des brebis du lycée agricole d'Oloron, en décembre 2021, après coproculture.....	75
Figure 20 : Identification des larves L3 par observation morphologique au cours du suivi 2022, sur les primipares et multipares du cheptel du lycée agricole, lecture réalisée par le professeur Jacquet à l'ENVT.....	76
Figure 21 : Identification des larves L3 par Nemabiome, au cours du suivi 2022, sur les primipares et multipares du cheptel du lycée agricole (M pour multipares et P pour primipares).	77
Figure 22 : Identification des larves L3 par observation morphologique au cours du suivi 2023, sur les primipares et multipares du cheptel du lycée agricole, lecture réalisée par le professeur Jacquet à l'ENVT.....	78

Figure 23 : Identification des larves L3 par Nemabiome, au cours du suivi 2023, sur les primipares et multipares du cheptel du lycée agricole (T pour troupeau, M pour multipares et P pour primipares).	78
Figure 24 : Identification des larves L3 par observation morphologique au cours du suivi 2022, sur les brebis du cheptel de l'exploitation A, lecture réalisée par le professeur Jacquet à l'ENVT.	79
Figure 25 : Identification des larves L3 par Nemabiome, au cours du suivi 2023, sur le troupeau de l'élevage A (T pour troupeau).	80
Figure 26 : Identification morphologique des larves lors du FECRT d'octobre 2022 dans l'élevage B, manipulations réalisées par le professeur Jacquet à l'ENVT.	81
Figure 27 : Identification morphologique des larves lors du FECRT d'avril/mai 2022 dans l'élevage C, manipulations réalisées par le professeur Jacquet à l'ENVT.	82

LISTE DES ABREVIATIONS

AMM : autorisation de mise sur le marché

ANTHERIN : ANTHElmintic Resistance in dairy sheep farms : Survey and Innovative solutions

AOC : appellation d'origine contrôlée

AOP : appellation d'origine protégée

CIIRPO : centre interrégional d'information et de recherche en production ovine

FECRT : fecal egg count reduction

GDS : groupement de défense sanitaire

GMQ : gain moyen quotidien

GTV : groupement technique vétérinaire

IA : insémination artificielle

INRAE : institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

IDELE : institut de l'élevage

L3 : larve au stade 3, larve infestante

NEC : note d'état corporel

OPG : oeufs par gramme

PCR : polymerase chain reaction

qPCR : quantitative polymerase chain reaction

ROLP : races ovines laitières des Pyrénées

SAU : surface agricole utile

WAAVP : World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology

Introduction

La gestion du parasitisme en élevage ovin est une problématique majeure. Les strongles gastro-intestinaux sont les nématodes les plus pénalisants. En effet, responsables entre autres de diarrhée, d'amaigrissement et de diminution des performances zootechniques, les parasitoses digestives sont une réelle problématique d'intérêt pour l'éleveur et le vétérinaire.

Depuis les années 50, diverses molécules anthelminthiques ont été commercialisées offrant un panel de traitements intéressant. En production laitière cet éventail de possibilités est plus limité. Nous nous trouvons aujourd'hui dans un contexte où de nombreuses résistances voire multirésistances font leur apparition. Différents moyens de lutte contre l'émergence des résistances aux anthelminthiques se mettent en place afin de préserver une population refuge de parasites sensibles. Ces moyens passent par des procédés zootechniques variés et notamment la réalisation de traitements ciblés sélectifs des cheptels. Il faut cependant garder à l'esprit que ces méthodes permettent seulement de retarder les résistances et non d'inverser complètement la tendance.

L'élevage ovin laitier français a lieu dans deux grands berceaux : le bassin de Roquefort et la zone pyrénéenne. Cette zone pyrénéenne regroupe différents départements mais le cheptel laitier est essentiellement regroupé dans les Pyrénées Atlantiques. Elle se distingue des modèles d'élevage classiques, en effet la pratique de la transhumance y est courante, ce qui permet une valorisation des pâturages d'estive non cultivables. En production laitière, la traite peut continuer à l'estive avec des machines mobiles ou à la main, permettant l'obtention d'un lait d'été dont la transformation en fromage fermier est réalisée au cœur de la montagne. L'élevage ovin laitier est donc un pilier de l'agriculture pyrénéenne.

Le cas des élevages ovins laitiers des Pyrénées Atlantiques est intéressant de par sa pratique ancestrale de la transhumance. Les estives, au patrimoine de l'UNESCO, représentent des ressources très importantes et sont considérées comme un atout :

- Opportunité de vide sanitaire des exploitations pendant l'été, et de la montagne pendant l'hiver
- Ressource alimentaire du troupeau non négligeable
- Pâturage sain : grandes étendues donc pas de surpâturage
- Ressource économique via les aides financières de la PAC et l'apport alimentaire

Aujourd'hui, l'hypothèse est émise que l'estive pourrait présenter un certain nombre de risques inhérents aux mélanges de troupeau. Effectivement, la proximité des différents cheptels co-transhumants pourrait favoriser la transmission de souches parasitaires et donc potentiellement de souches résistantes. De plus, étant donné l'impact sur l'état clinique des animaux en estive, contrairement aux pratiques historiques, des traitements anthelminthiques sont désormais réalisés en montagne.

Se pose alors la question de l'écotoxicité des molécules utilisées dans des milieux jusqu'à lors préservés. Enfin, au regard des conditions climatiques qui s'adoucissent au fil des années, on pourrait imaginer une adaptation de certains parasites et donc éventuellement une survie de certaines populations dans l'environnement extérieur sur l'estive d'une année sur l'autre. Les vétérinaires et éleveurs concernés doivent effectuer plus que jamais une gestion très particulière des troupeaux transhumants.

Après avoir présenté des connaissances générales sur le parasitisme, nous nous focaliserons ici sur une étude qui s'inscrit dans le projet France Futur Elevage ANTHERIN (« ANTHElmintic Resistance in dairy sheep farms : Survey and Innovative solutions »). Nous avons pour objectif de décrire un système d'estive avec un nombre limité de co-transhumants et présentant des problématiques parasitaires en estive pour ainsi évaluer les éventuelles disséminations de populations parasitaires résistantes ou non.

I. BIOLOGIE DES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX

A. Classification

Il existe trois types d'helminthes parasites du tube digestif : les Cestodes et les Trématodes, qui forment l'embranchement des Plathelminthes, appelés communément vers "plats", et l'embranchement des Nématodes qui sont les vers "ronds" :

- Règne : Animalia (Animaux)
 - Sous-règne : Eumetazoa (Eumétazoaires)
 - Embranchement : Nematoda (Nématodes)
 - Classe : Secernentea
 - Ordre : Strongylida
 - Famille : Trichostrongylidae

L'ordre des Strongylida est divisé en 2 super-familles (Jacquet 1997) :

- Les Trichostrongyloidea : superfamille de nématodes la plus pathogène pour les petits ruminants. Au sein de cette superfamille, il existe de nombreux genres différents tels que : *Haemonchus sp*, *Nematodirus spp*, *Trichostrongylus spp*, *Teladorsagia sp* et *Cooperia spp*.
- Les Strongyloidea : ils ont une pathogénicité plus faible que la super-famille précédente, superfamille composée essentiellement des genres *Chabertia* et *Oesophagostomum*.

En considérant le pouvoir pathogène et la fréquence des infestations, on distingue chez les petits ruminants, trois espèces majeures : *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* et *Trichostrongylus colubriformis*. On observe souvent une infestation concomitante de différentes espèces de strongles pour un même animal, on nomme ce phénomène le poly-parasitisme.

Les trois espèces citées précédemment sont les strongles gastro-intestinaux responsables de la plupart des formes cliniques en élevage ovin. C'est pourquoi notre suivi parasitaire s'est porté strictement sur ces trois espèces.

Super famille	Famille	Sous famille	Genre	Espèce	Hôtes	Localisation des adultes	Répartition géographique	
Trichostrongyloidea	Trichostrongylidés	Haemonchinés	Haemonchus	contortus	OV, CP	Caillette	cosmopolite, zones humides ++	
				placei	BV		Afrique, Amérique tropicale humide	
				longistipes	OV, CP, camélins		Afrique, Moyen Orient	
		Trichostrongylinés	Trichostrongylus	axei	BV, OV, CP, PC, EQ,	Caillette	Cosmopolite	
				colubriformis	OV, CP (BV)			
				vitrinus	OV, CP	Intestin grêle		
				capricola	OV, CP			
				probolurus	Camélins (OV, CP, BV)			Zones tropicales
		Ostertagilínés	Ostertagia	ostertagi	BV (OV)	Caillette	Zones tempérées et froides	
				leptospicularis	Cervidés (OV)			
			Teladorsagia	circumcincta	OV, CP	Caillette	Cosmopolite	
		Cooperilínés	Cooperia	curticei	OV, CP	Intestin grêle	Cosmopolite	
				oncophora	BV			
				punctata	BV			
				pectinata	BV			
		Molinéidés	Nematodirínés	Nematodirus	fillicollis	OV, CP (BV)	Intestin grêle	Cosmopolite
					spathiger	OV, CP (BV)		
battus	OV (BV)				Nord Europe			
Strongyloidea	Strongylidés	Chabertínés	Chabertia	ovina	OV, CP (BV)	Colon	Cosmopolite	
	Trichonématidés	Oesophagostomatínés	Oesophagostomum	colombianum	OV, CP (camélins)	Colon	Afrique tropicale	
				venulosum	OV, CP		Cosmopolite	
				radiatum	BV, buffle			

Tableau 1 : Les principales espèces de strongles digestifs des ruminants et leur localisation (Lefèvre 2003; Richelme, Greil 2019) (OV : Ovins, CP : Caprins, BV : Bovins, EQ : équidés).

B. Morphologie

Les Nématodes sont des vers pseudo-coelomates de forme cylindrique, de section ronde et non segmentés (à l'inverse des Cestodes). Ils ont un tube digestif complet, c'est-à-dire qu'il commence avec un orifice buccal et se termine par un orifice anal. Cela les oppose aux Cestodes qui n'ont pas de tube digestif puisqu'ils se nourrissent à travers leur tégument et aux Trématodes dont le tube digestif n'a qu'un seul pore qui sert à la fois de bouche et d'anus. Chez les Nématodes, les sexes sont séparés alors que les Trématodes et les Cestodes sont, pour la plupart, hermaphrodites. La reproduction sexuée est présente chez tous les Nématodes, aucune reproduction asexuée n'a été démontrée chez nos espèces d'intérêt vétérinaire.

Les strongles adultes n'ont pas la même morphologie selon l'espèce, ces différences sont résumées dans le tableau ci-dessous.

	<i>Haemonchus contortus</i>	<i>Teladorsagia circumcincta</i>	<i>Trichostrongylus colubriformis</i>
Taille femelle / mâle	18 - 30 mm / 10 - 20 mm	8 - 10 mm / 6 - 8 mm	5,5 - 7,5 mm / 4 - 5,5 mm
Visible à l'oeil nu	Oui	Oui	Non
Couleur	Rougeâtre	Brun - rougeâtre	Noir
Localisation chez l'hôte	Caillette	Caillette	Intestin grêle
Régime alimentaire	Hématophage	Histophage	Chymivore
Importance en France	++++	+++	+++

Tableau 2 : Caractéristiques et morphologie des 3 principales espèces de strongles gastro-intestinaux ovins. D'après l'ouvrage de Soulsby Ernest Jackson Lawson, "Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals", 1982.

A l'inverse des formes larvaires et adultes, les œufs des strongles digestifs sont morphologiquement très semblables entre genres sauf pour le genre *Nematodirus* spp. qui présente des œufs de plus grande taille que les autres. Les œufs de strongles sont de forme ellipsoïde et mesurent en moyenne de 80 à 100 µm de long (jusqu'à 140 µm pour *Nematodirus*). Leur paroi est mince, lisse et contient une morula.



Figure 1 : Œufs de strongles digestifs, seul l'œuf de *Nematodirus* spp. au centre peut être identifié avec certitude, les autres œufs (en périphérie) peuvent provenir de plusieurs genres différents (Photo P. Jacquet, ENV Toulouse).

C. Cycle biologique

Les cycles biologiques des Nématodes parasites sont monoxènes ou hétéroxènes. Dans le cas des strongles gastro-intestinaux, le cycle est strictement monoxène, ce qui signifie que ces parasites ne nécessitent qu'un seul hôte : le ruminant. Le cycle est constitué de deux grandes phases : la phase endogène, qui se déroule dans le système digestif de l'hôte, et la phase exogène, dans le milieu extérieur.

Il existe six stades différents chez les nématodes :

- Le stade œuf
- Quatre stades larvaires nommés L1, L2, L3 et L4
- Le « stade 5 », qui fait suite aux quatre stades larvaires précédents, qui comprend l'ensemble « ver immature et ver adulte »

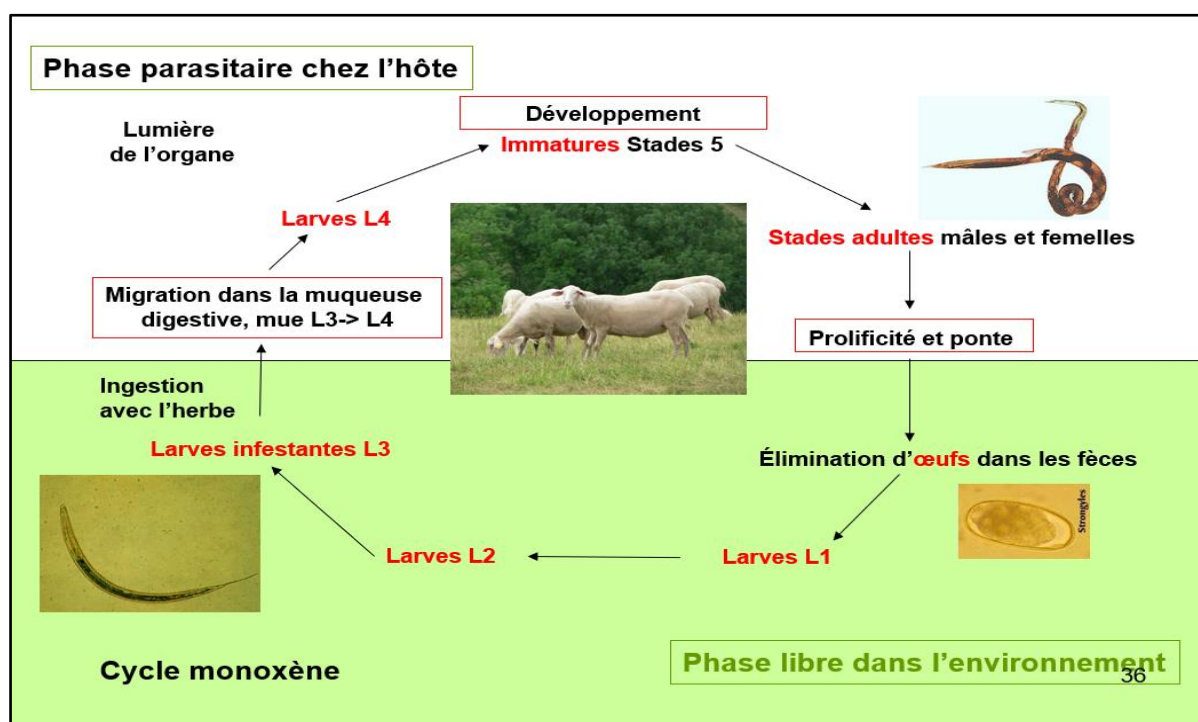


Figure 2 : Cycle biologique des strongles digestifs ovins, d'après le cours de parasitologie du professeur Jacquiet, 2021.

La période prépatente, c'est-à-dire la période s'étendant de l'infestation à la première excrétion d'œufs dans les selles, est d'environ 21 jours (Bowman, 1999). Une fois le ver adulte installé, sa survie se mesure en mois, une année au maximum. Des vers adultes très prolifiques comme *H. contortus* vivent en général peu de temps (= quelques semaines à quelques mois).

Les vers femelles, localisés dans la lumière du tube digestif (caillette pour *Haemonchus contortus* et *Teladorsagia circumcincta*, intestin grêle pour *Trichostrongylus colubriformis*), vont pondre des œufs qui se retrouvent évacués dans le milieu extérieur avec les matières fécales de l'hôte. Ces œufs vont évoluer jusqu'au stade L3 à l'intérieur des fèces. Ce développement nécessite des conditions de milieu

(température, humidité, oxygénation) bien particulières qui empêchent le développement des stades libres à l'étable ou en bergerie. Le cycle biologique ne peut donc s'effectuer que sur le pâturage. Les L1 et les L2 se nourrissent activement de bactéries et autres microorganismes présents dans les crottins de moutons. Une nouvelle mue donne la L3, larve infestante, qui ne se nourrit plus car elle reste enfermée dans l'exuvie de la L2 suite à la mue L2-L3. La L3 vit donc sur les réserves accumulées au cours des stades L1 et L2. Les stades libres L1 et L2 sont très fragiles dans l'environnement, la L3 résiste mieux aux aléas climatiques car elle est protégée par l'exuvie de la L2.

La L3 entame donc une migration horizontale de quelques dizaines de centimètres afin de sortir des fèces et de sortir de ce qu'on appelle « l'anneau de répugnance » afin d'être accessible aux animaux. Si la L3 reste au niveau du sol, la probabilité d'être ingérée est faible (sauf en cas de surpâturage). Elle va donc entamer dans un second temps une migration verticale sur l'herbe, mettant à profit pour cela le film liquide de la rosée matinale. Finalement, la larve L3 permet le passage du milieu extérieur vers l'hôte, elle a donc un rôle essentiel dans le cycle comme le décrit la loi de Maupas (1842-1916). En effet, présente sur l'herbe, elle est ingérée par le ruminant au pâturage.

Une fois dans le rumen, elle se débarrasse de l'exuvie de la L2 et poursuit son cheminement jusqu'à la caillette. La L3 pénètre alors dans la muqueuse abomasale ou intestinale, où elle va muer en L4. Celle-ci peut alors ressortir dans la lumière de l'organe qu'elle parasite (caillette, intestin grêle ou gros intestin selon le parasite) ou, via des signaux que l'on connaît mal, retarder son développement par le phénomène d'hypobiose. Lorsqu'elle retourne dans la lumière de l'organe cible, la larve 4 donne un ver qui a déjà toutes les caractéristiques morphologiques et anatomiques d'un ver adulte à la seule différence que les tractus génitaux sont encore vides : c'est le stade immature. Ce stade est fugace (pas plus de quelques jours dans la plupart des espèces), et rapidement l'immature laisse la place à un ver adulte qu'on reconnaît facilement car le tractus génital des femelles commence à se remplir d'œufs et parce que les mâles ont des spicules sclérifiés.

Ce cycle explique donc pourquoi les strongyloses intestinales sont souvent qualifiées de "pathologies de pâturage".

Dans le cas où les conditions (température ou hygrométrie par exemple) ne sont pas favorables au bon déroulement du cycle, la larve L4 peut subir le phénomène d'hypobiose larvaire. Ce phénomène est défini comme un arrêt temporaire du cycle de développement du parasite, à un moment précis. Cette interruption du cycle est facultative, elle ne survient que chez certains animaux et dans certaines circonstances. Le stimulus initiant l'arrêt du développement peut être exogène (notamment à certaines périodes de l'année) ou lié à un processus immunologique (résistance de l'hôte). Pour les espèces de la caillette, le stimulus décrit est le plus souvent environnemental. Il concerne les larves infestantes sur la pâture qui subissent le stimulus environnemental et qui, ensuite, au stade L4 restent enkystées dans la

muqueuse abomasale et dans les glandes gastriques durant l'hiver et ce jusqu'au printemps (Balic et al., 2000).

D. Epidémiologie

1. Périodes d'infestations

Le printemps, lorsque les conditions climatiques sont favorables, permet la reprise du cycle pour les larves L3 qui ont survécu à l'hiver. La mise à l'herbe des brebis va conduire à une infestation, et elles vont à leur tour ensemercer la pâture et le cycle redémarre. Le nombre de larves en fin d'hiver dépend des conditions climatiques de l'hiver, de la quantité de larves présentes à l'automne, de l'intensité du pâturage précédent...

Chaque espèce a ses spécificités. *Haemonchus contortus* a un optimum de développement lors de périodes chaudes et humides, les larves ne supportant ni les basses températures ni la sécheresse. On retrouvait donc cette espèce surtout dans les régions tropicales et sub-tropicales. Cependant, ce parasite parvient tout de même à se développer dans les zones à climat tempéré voire tempéré froid, en grande partie grâce au phénomène d'hypobiose.

En ce qui concerne *T. circumcincta* et *T. colubriformis*, leurs stades libres se développent à des températures plus basses, et sont moins sensibles à la dessiccation. C'est pour cela qu'ils sont dominants en hiver et au début du printemps, dans les zones pluvieuses et tempérées. *T. colubriformis* est le plus cosmopolite, il peut également être retrouvé en zones subtropicale et tropicale.

2. Causes favorisantes

Il existe différents facteurs favorisant les strongyloses digestives ovines :

- Le climat : en lien avec les préférences de températures et d'hygrométrie des espèces parasitaires, des températures douces et un temps humide favorisent l'éclosion des œufs et le développement des larves infestantes. Le risque parasitaire est donc accru pendant ces périodes climatiques. De plus, on retrouvera davantage de larves dans les zones de pâtures restant humide l'été. A l'inverse, de très fortes pluies ou une forte repousse d'herbe permettent de diluer la charge parasitaire présente sur le sol.
- Le surpâturage : la strongylose digestive étant une pathologie de pâturage, la bonne gestion de ce dernier est essentielle. Que cela soit un chargement trop élevé ou un temps de séjour sur la parcelle trop long (ne permettant pas à

l'herbe une repousse satisfaisante), il y aura surpâturage et donc augmentation du risque parasitaire.

- Le piétinement : un passage très régulier dans un couloir ou une aire d'attente de traite engendrent du piétinement. Les brebis attendent, défèquent et ont alors des fèces coincées sous les onglons qui dispersent ensuite de manière plus rapide et plus étendue les œufs et larves dans la pâture.

3. Résistance et résilience

Dans un cheptel, les animaux ont une résistance et une résilience différente face au parasitisme. Par définition, la résistance d'un ovin est sa capacité immunitaire à limiter l'installation, le développement, la ponte et la survie des parasites. La résilience d'un ovin est un concept différent, elle constitue sa capacité à maintenir son niveau de productivité malgré l'infestation. Ainsi que cela soit pour la résilience ou la résistance des animaux parasités, il existe plusieurs facteurs à prendre en compte :

- L'espèce hôte : on constate une bonne résistance aux infestations parasitaires chez les bovins, intermédiaire chez les ovins et faible chez les caprins.
- La race : une résistance variable entre différentes races ovines a été mise en lumière par une étude de 2002 (Beh et al., 2002). Effectivement, d'après cette étude la race Romanov serait moins sensible aux infestations par les strongles gastro-intestinaux que des ovins de race Mérinos d'Arles ou Lacaune. Ce caractère serait héréditaire donc il semble possible de sélectionner des animaux plus résistants aux strongles gastro-intestinaux grâce à la génétique.
- L'âge : les jeunes sont plus sensibles que les adultes (Hoste et al, 2006). Les primipares ou agnelles hébergent un nombre généralement plus important de parasites, et présentent des signes cliniques plus sévères. Les infestations successives au fil de la vie de l'animal permettent la mise en place d'une immunité, une brebis infestée préalablement par un parasite élimine plus rapidement le parasite qu'un animal naïf, en particulier pour *Haemonchus contortus*.
- Le statut physiologique : L'agnelage est une période clef. La parturition est à l'origine d'une baisse de l'immunité, favorable au développement parasitaire, cette phase peut durer environ 8 semaines (4 semaines avant et 4 semaines après l'agnelage), les anglos-saxons parlent de « periparturient rise ». Au cours de cette période, la sensibilité est donc accrue, l'infestation et la prolificité des parasites augmente (Abbott, Taylor, Stubbings 2012).
- Les individus : des variations individuelles existent, certains ovins sont fortement excréteurs et d'autres sont faiblement excréteurs à exposition égale. On sait également d'après l'étude de Shaw et Dobson (1995) que dans un cheptel, environ 80% des strongles sont en fait hébergés seulement par 20% des ovins du troupeau.
- Les pathologies : la présence d'une autre pathologie mobilise les défenses immunitaires de l'animal et laisse donc le parasitisme prendre davantage

d'ampleur. Les défauts d'alimentation comme les carences en protéines ou les mauvaises transitions alimentaires peuvent aussi augmenter la sensibilité des brebis aux infestations parasitaires (COOP et KYRIAZAKIS, 1999).

4. Transmission

La contamination des ovins se fait, comme dit précédemment, via l'ingestion d'une larve infestante ou larve L3. Les réservoirs principaux de parasites sont donc les ovins eux-mêmes via les vers adultes dans la lumière digestive mais aussi via les larves enkystées dans la muqueuse digestive. Le troisième réservoir est situé sur la pâture par les larves qui ont pu subsister après l'hiver grâce à des conditions météorologiques favorables.

E. Physiopathologie

L'infestation du tube digestif des petits ruminants par les strongles gastro-intestinaux a des conséquences délétères sur leur organisme. La pathogénie des SGI s'exerce à la fois à l'échelle cellulaire, par des actions traumatiques, chimiques, spoliatrices et antigéniques, ainsi qu'à l'échelle de l'organisme avec une modification de l'ingestion, de l'absorption des nutriments et du métabolisme.

1. Physiopathologie à l'échelle cellulaire et tissulaire

a) Action traumatique

L'action traumatique des strongles gastro-intestinaux correspond à l'effet mécanique induit par leur déplacement et leur nutrition, engendrant des lésions de la paroi digestive.

Haemonchus contortus est un parasite hématophage de la caillette. C'est lors de sa fixation à la muqueuse abomasale avec sa capsule buccale qu'il produit un effet traumatique pour la paroi digestive. En effet, il dilacère la muqueuse et rompt les vaisseaux sanguins sur son passage.

Teladorsagia circumcincta est un nématode histophage de la caillette. La migration des larves de la lumière à la muqueuse et de la muqueuse à la lumière entraîne des dégâts tissulaires : dégradation de l'épithélium et des glandes digestives.

Trichostrongylus colubriformis est un ver chymivore de l'intestin grêle. C'est, pour lui aussi, lors de la migration des larves qu'il exerce son action traumatique : par abrasion tissulaire il endommage les villosités intestinales (Roeber, Jex, Gasser 2013).

b) Action chimique

Les strongles gastro-intestinaux ont aussi un effet physiopathologique chimique. En effet, les adultes comme les larves produisent des substances chimiques qui endommagent les tissus. Ces substances contribuent au bon développement du parasite mais aussi à sa reproduction et sa survie. Les strongles gastro-intestinaux sécrètent des protéases qui jouent un rôle dans la dégradation de la paroi digestive de l'hôte.

Dans le cas d'*Haemonchus contortus*, la phospholipase C ainsi que des peptidases sont excrétées dans l'environnement (l'hôte) entraînant une digestion des protéines sanguines et une lyse cellulaire.

Pour *Teladorsagia circumcincta*, c'est via une production de métalloprotéases qu'il a une action chimique. Celles-ci hydrolysent les protéines du tissu conjonctif (fibrinogène) (Roeber, Jex, Gasser 2013).

c) Action spoliatrice

Les strongles gastro-intestinaux hématophages ont une action spoliatrice, comme c'est le cas surtout pour *Haemonchus contortus*. En effet, ce parasite peut consommer jusqu'à 0,05 mL de sang par ver femelle et par jour (Brik et al. 2019). A l'échelle de l'infestation, pour 5000 vers adultes présents c'est une spoliation quotidienne de 250 mL de sang pour l'animal hôte (Urquhart et al. 1996). Les substances chimiques sécrétées, de par leurs propriétés anticoagulantes et thrombolytiques, induisent un saignement de la muqueuse digestive. Ces saignements combinés aux repas sanguins des parasites engendrent à terme la diminution des réserves en fer ainsi qu'une anémie non régénérative.

d) Action antigénique

Une infestation parasitaire chez un hôte non naïf induit une réponse inflammatoire et immunitaire. En effet, lorsque les larves L3 perdent la gaine de la L2, lors des mues successives ou la présence de substances chimiques sécrétées par le nématode sont trois éléments qui induisent une hypersensibilité de type 1. Cette réaction immunitaire et inflammatoire engendre la dégranulation des mastocytes de la lamina propria et donc la production de mucus. Le mucus permet d'évacuer les vers, cependant lorsque sa production est très importante il peut déclencher une diarrhée.

2. Physiopathologie à l'échelle de l'organisme

a) Modification de l'ingestion et de l'assimilation des nutriments par l'hôte

Lors d'une infestation par les strongles gastro-intestinaux, malgré la spoliation des vers, la quantité de nourriture ingérée par l'hôte n'augmente pas. A l'inverse, on observe plutôt une baisse de l'appétit voire de l'anorexie. Cette réduction croissante de la consommation alimentaire est corrélée à l'importance de l'infestation parasitaire. L'hypothèse est que l'animal compenserait le déficit par la mise en place d'un nouveau comportement : le tri des aliments ingérés en fonction de leur concentration en protéines (Roeber et al. 2013).

Les actions chimiques et mécaniques vont elles aussi avoir un impact sur l'assimilation des nutriments. L'altération de la muqueuse digestive augmente la perméabilité et l'animal subit alors une perte de macromolécules telles que les protéines, d'où une hypoprotéinémie (Mage, 2016). Lorsque la paroi digestive est atteinte au point de détériorer la motricité digestive, alors il peut aussi y avoir malabsorption par diminution du temps de contact entre les nutriments et les épithéliums.

b) Modification du métabolisme

Une brebis parasitée a un métabolisme modifié. En effet, son métabolisme compense les dégâts engendrés par le parasite : dégradations tissulaires, altération de l'homéostasie sanguine et pertes de protéines. C'est notamment le foie qui renforce sa synthèse protéique au profit du maintien de l'homéostasie. Or cette compensation se fait au détriment de l'anabolisme habituel, ainsi la production de masse musculaire ou de lait est délaissée. C'est la modification du métabolisme qui induit une perte zootechnique.

F. Expression clinique

Les strongyloses digestives ovines provoquent des signes cliniques variés, aigus ou chroniques. En effet, les symptômes dépendent de l'importance de l'infestation mais aussi de l'âge de l'animal, de son stade physiologique et l'espèce parasitaire impliquée.

Les strongyloses chroniques sont les plus courantes. Les brebis font face à une exposition faible mais quasi constante de parasites engendrant alors une forme subclinique pas toujours évidente à déceler pour l'éleveur. Les signes sont alors frustes comme une perte de poids, des retards de croissance, une baisse de production laitière ainsi que de la diarrhée (Mavrot et al., 2015). En cas

d'haemonchose chronique on observe aussi l'apparition insidieuse d'anémie. Tous ces signes combinés peuvent aboutir à la mort de la brebis.

Les formes aiguës sont moins fréquentes mais peuvent être très violentes pour les ovins.

1. Particularités liées à l'espèce *Haemonchus contortus*

a) Haemonchose chronique

Les signes cliniques sont plus difficilement observables, le point de départ est la baisse de productivité des animaux. De ce fait, l'haemonchose chronique est caractérisée par :

- Une baisse de productivité : perte de poids ou de production laitière
- Des retards de croissance
- Des potentiels œdèmes des membres ou œdème de l'auge
- De la léthargie voire faiblesse, liées à l'anémie. L'anémie commence par être normochrome normocytaire, elle devient ensuite hypochrome microcytaire. C'est notamment l'épuisement des réserves en fer qui entraîne la faiblesse musculaire
- De l'anorexie pouvant conduire à une cachexie
- De la mortalité se manifestant sous plusieurs semaines

Des études montrent que l'infestation par *Haemonchus contortus* peut engendrer une légère constipation mais pas de diarrhée (Abbott et al. 2009).

b) Haemonchose aiguë

L'haemonchose aiguë est caractérisée par les signes cliniques suivants :

- Pâleur des muqueuses liée à une anémie. L'hématocrite diminue assez rapidement pour atteindre des valeurs proches de 10%. L'anémie est due aux larves L4 et vers adultes dans la caillette, leurs repas sanguins entraînant la rupture de petits vaisseaux de la paroi. Lorsque les vers ponctionnent la muqueuse ils libèrent des substances anticoagulantes qui favorisent les pertes de sang
- Œdème de l'auge, aussi appelé "signe de la bouteille" lié à l'hypoprotéinémie
- Léthargie et perte de poids dus à la spoliation des nutriments
- Hyperpnée et tachycardie dans certains cas, liés à l'œdème en formation
- Mortalité : l'haemonchose aiguë non prise en charge aboutit à une mortalité élevée.

L'haemonchose aiguë affecte les animaux de tous les âges, mais comme vu précédemment les agneaux ou primipares et les animaux malades ou carencés sont les plus sensibles.

c) Haemonchose suraiguë

L'haemonchose suraiguë est une pathologie peu fréquente mais très violente. Elle survient en cas d'infestation massive seulement, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers d'individus (Lefèvre et al, 2003). Elle est caractérisée par un troupeau encore en bon état général malgré une gastrite hémorragique qui passe inaperçue et la survenue d'une mortalité brutale.

2. Particularités liées aux deux autres espèces d'intérêt majeur

L'infestation concerne davantage les animaux naïfs donc le plus souvent c'est les agneaux qui se contaminent fortement lors de leur premier pâturage. On observe pour ces deux parasites une diarrhée, de l'amaigrissement et des baisses de production. En cas d'infestation chronique, des retards de croissance sont constatés.

a) *Teladorsagia circumcincta*

Teladorsagia circumcincta est une espèce de strongles gastro-intestinaux qui se loge dans la caillette et qui est histophage. Ce parasite provoque des lésions de la muqueuse abomasale en formant des nodules qui sont la raison de la maladie provoquée, une gastrite (Roeber et al. 2013). La muqueuse abomasale est davantage perméable, laissant passer les macromolécules comme les protéines plasmatiques, ce qui est à l'origine d'une hypoprotéinémie (Mage, 2016). L'expression clinique est caractérisée par une baisse d'appétit marquée, de la diarrhée, de la déshydratation, une perte de poids, des retards de croissance et éventuellement la mort en cas d'infestation massive.

b) *Trichostrongylus colubriformis*

Trichostrongylus colubriformis est une espèce de strongles gastro-intestinaux qui se loge dans l'intestin grêle et qui est chymivore. Sa pathogénie est elle-aussi due aux larves qui migrent entre les entérocytes et lèsent la muqueuse intestinale, entraînant une entérite hémorragique. La forme aiguë concerne essentiellement les agneaux en première saison de pâture. L'expression clinique est caractérisée par des diarrhées, de la déshydratation, une légère anémie, une baisse de l'appétit, une perte de poids, une diminution de la production de laine, et en cas d'infestation massive, la mort de l'animal. La forme chronique est caractérisée par des signes typiques de malnutrition tels que la perte d'état et les retards de croissance.

L'espèce *Trichostrongylus colubriformis* a une durée de vie plus longue que les deux espèces précédentes, ainsi il peut survivre au stade adulte hébergé par l'hôte pendant l'hiver. Cette spécificité fait qu'il peut déclencher de la diarrhée durant l'hiver (Fiel et al. 2011).

G. Diagnostic

La suspicion de strongylose digestive chez les ovins se fait par l'observation clinique des animaux et l'utilisation d'outils évaluer les signes cliniques. Une forte suspicion clinique peut suffire à la mise en place du traitement cependant un diagnostic de certitude est aisément envisageable par certaines analyses de laboratoire. Des analyses de routine sont conseillées pour prévenir les strongyloses chroniques plus insidieuses.

1. Diagnostic clinique

La strongylose digestive ovine entraîne entre autres une perte de poids, de l'anémie et de la diarrhée. Les indicateurs suivants sont utilisés afin d'évaluer objectivement la sévérité du symptôme.

a) Evaluation de l'état corporel

On évalue l'état corporel à l'aide de la note d'état corporel (NEC). Cette évaluation de la couverture graisseuse et musculaire est une note chiffrée allant de 1 (brebis émaciée) à 5 (brebis obèse) (Russel 1984). Une diminution de NEC traduit donc une perte de poids.

Les zones à palper pour réaliser cette évaluation dépendent de l'espèce. Chez les ovins, cela consiste à palper la région lombaire : au niveau de la colonne vertébrale on estime la proéminence des apophyses épineuses et transverses des lombes ainsi que l'épaisseur du muscle sous-lombaire et de la noix.

Pour évaluer l'état corporel des agnelles, on peut aussi s'intéresser au gain moyen quotidien (GMQ). En effet, si le GMQ est conservé d'une mesure à l'autre, cela témoigne d'un bon état des animaux.

Il est important de garder à l'esprit qu'une évaluation de l'état corporel en baisse témoigne d'un amaigrissement, mais pas nécessairement d'une strongylose digestive (Adjou, 2013).

b) Evaluation de l'intensité de l'anémie

On peut évaluer l'intensité de l'anémie par l'observation de la couleur des muqueuses oculaires : c'est la méthode FAMACHA. Pour rappel, le principal strongle gastro-intestinal causant de l'anémie est *Haemonchus contortus*, ainsi cet outil s'appliquera davantage dans un contexte de suspicion d'haemonchose. Développée en Afrique du Sud, dans un contexte d'haemonchose avec résistance aux anthelminthiques, cette technique est utilisée comme aide à la décision de traitement.

Concrètement cette méthode consiste à confronter la couleur de la muqueuse de l'œil à une grille de couleurs avec les notations associées. Chaque couleur est associée à un stade de sévérité de l'anémie. La note va de 1 pour une muqueuse bien rosée, à 5 pour une muqueuse blanche porcelaine. Un traitement antiparasitaire est préconisé lorsque la note est supérieure ou égale à 3 (Centre d'Expertise en Production Ovine du Québec, "Indicateurs cliniques", page internet consultée le 5 janvier 2023)

Cette méthode est donc utilisable pour les parasites hématophages, cependant elle a une sensibilité relativement faible puisqu'elle ne permet de détecter l'anémie qu'à un stade assez tardif (Eichstadt, 2017).

c) Evaluation de la sévérité de la diarrhée

On peut évaluer la diarrhée en examinant l'état de souillure du train arrière des ovins, ainsi que la consistance des selles. Ces deux éléments sont examinés par l'index de souillure ou Dag Score (Larsen et al., 1995) et l'index DISCO (Cabaret et al., 2006).

- L'index de souillure correspond à une notation de 0 (propre) à 5 (arrière train recouvert de fèces). Cet index permet une aide au diagnostic mais il est à utiliser avec précaution. En effet, la corrélation entre la note de souillure et la probabilité de strongylose digestive n'est pas très élevée selon l'espèce présente car par exemple, l'haemonchose ne provoque pas de diarrhée. Cet index est en revanche très pertinent pour les infestations à *Teladorsagia* sp. et *Trichostrongylus* spp. Par ailleurs, il faut garder à l'esprit qu'une diarrhée n'est pas spécifique d'une strongylose digestive et qu'une diarrhée d'origine parasitaire peut être due à la migration larvaire et donc aboutir à une analyse quantitative coproscopique peu élevée, phénomène accentué par la dilution des fèces.
- L'index DISCO correspond à une notation de 1 (consistance normale soit 40% de matière sèche) à 3 (semi-liquide, soit 16% de matière sèche) (Bentounsi, et al. 2012). Une étude de 2006, dans un contexte où *Trichostrongylus colubriformis* et *Teladorsagia circumcincta* sont prédominants, a mis en évidence une corrélation entre une forte présence de larves dans l'hôte et un score 3 DISCO (Cabaret et al. 2006). Une autre étude a confirmé cette idée en

montrant la corrélation entre le score DISCO et l'intensité de l'excrétion fécale (Bentounsi et al., 2012). Hors haemonchose, cet index est donc efficace mais il est peu utilisé sur le terrain en France.

2. Diagnostic de laboratoire

a) Analyse coproscopique

La recherche d'éléments parasites dans un prélèvement de matière fécale est appelée coproscopie. Cela peut être des acariens, des larves ou des fragments d'insectes, des levures, différents champignons, des protozoaires, des vers entiers ou des fragments de vers, des larves ou œufs de nématodes, de trématodes ou de cestodes. Dans notre cas, elle constitue l'analyse de base dans le diagnostic des strongyloses digestives ovines. Il existe plusieurs types d'analyse coproscopique : qualitative ou quantitative, par flottaison ou sédimentation. Pour le diagnostic des strongyloses gastro-intestinales ovines, la méthode la plus intéressante est la méthode quantitative car la ponte des strongles est faite de manière continue et le nombre d'œufs excrétés par gramme de fèces est relativement bien corrélé à la charge parasitaire (Cabaret, Gasnier, Jacquet, 1998). Cette méthode permet aussi d'adapter la conduite à tenir pour l'éleveur.

Intérêts de la coproscopie :

- Identification des familles/genres présents : on peut affirmer la présence de strongles gastro-intestinaux mais on ne peut pas différencier les espèces à partir de l'œuf (excepté l'œuf de *Nematodirus* spp. différenciable des autres strongles grâce à sa taille supérieure).
- Quantification de l'infestation sous forme d'un résultat en œufs par gramme de fèces.
- Mettre en lumière la résistance aux anthelminthiques en cas d'échec thérapeutique, via un test de réduction de l'excrétion fécale.

C'est une analyse peu onéreuse, demandant peu de matériel, qui permet de justifier ou non l'administration d'un anthelminthique ainsi que d'utiliser un traitement adapté à l'helminthofaune.

Limite de la coproscopie :

- Difficultés d'interprétation : la coproscopie nous donne une évaluation de l'infestation à un instant précis, il est intéressant de réaliser un suivi parasitaire sur l'année. Ainsi, cela permet d'établir des seuils d'excrétion de référence pour effectuer des traitements anthelminthiques raisonnés.
- Absence d'éléments parasites dans les fèces en phase d'hypobiose.

L'absence d'éléments observés ne signifie pas qu'il n'y a pas de parasites. La coproscopie est un examen complémentaire qui fait partie de la démarche de diagnostic générale et s'entend comme un complément de l'examen clinique des animaux et du contexte épidémiologique.

Méthode de prélèvement :

On préfère un prélèvement directement avec un gant *per rectum* plutôt que ramassé par terre. L'échantillon est stocké individuellement dans un contenant hermétique et mis au réfrigérateur (froid positif, +4°C). Le froid de conservation ne doit pas être négatif car la congélation déforme les œufs et tue les larves. De plus, la décongélation entraîne la destruction des œufs. Au réfrigérateur, l'échantillon peut être conservé 5 jours pour un examen quantitatif, il faudra le mettre sous vide si on souhaite le conserver davantage (Rinaldi et al, 2011).

Enrichissement :

Tout d'abord l'enrichissement consiste à séparer les éléments parasitaires des débris présents dans les fèces et les concentrer pour pouvoir les observer et les quantifier. Plusieurs techniques existent dont les deux principales sont la sédimentation et la flottation. La sédimentation (non détaillée ici) repose sur une centrifugation puis dilution du culot dans un liquide peu dense. Cette technique est davantage utilisée pour la recherche d'œufs lourds comme ceux des trématodes. Concernant l'enrichissement par flottation : le principe est de faire remonter les éléments parasitaires à la surface à partir d'une très petite quantité de déjections tout en laissant couler les débris fécaux. Cela repose sur l'utilisation de solutions dont la densité est supérieure à celle de l'eau (densité > 1) et à celle de la plupart des œufs de parasites (d=1,1 à 1,45).

Méthode Mac Master :

La méthode de choix pour le comptage d'œufs de strongles gastro-intestinaux chez les petits ruminants est la méthode MacMaster, basée sur l'enrichissement par flottation. Le liquide choisi pour la réaliser est une solution aqueuse saturée en Chlorure de Sodium (NaCl). On utilise environ 400 g de sel de cuisine mélangés à 1 L d'eau.

Le prélèvement est constitué de 3 g de matière fécale, il est dilué dans 42 mL de solution saturée en NaCl puis homogénéisé dans un mortier à l'aide d'un pilon. Trois filtrations sont réalisées pour se débarrasser des débris contenus dans les fèces. Le filtrat obtenu est homogénéisé puis prélevé à la pipette pour remplir les deux chambres d'une lame de MacMaster. La différence de densité permet de faire remonter les œufs sous en une à deux minutes. Une fois le laps de temps écoulé, l'observation des œufs au microscope optique avec un grossissement *100 est possible.

Le comptage est réalisé de manière méthodique. Les deux réseaux sont entièrement sillonnés : le nombre d'œufs observés est alors multiplié par 50. Dans le cas où aucun

élément parasite n'a été observé, il est nécessaire de compter les espaces extérieurs aux réseaux : le nombre d'œufs observés est alors multiplié par 15. Le total est exprimé en nombre d'œufs par gramme de matière fécale (opg). La méthode utilisée est appelée MacMaster modifiée par Raynaud (Raynaud et al, 1970).

Seuils d'interprétation :

Aucun consensus ne permet d'avoir des seuils précis d'interprétation pour influencer la décision de traitement. Cependant, une étude de 2018 sur les strongles gastro-intestinaux des ovins propose les valeurs suivantes (Jacquet et al, 2018) :

- < 500 OPG : niveau de parasitisme faible, pas de traitement nécessaire
- 500 – 1000 OPG : niveau de parasitisme modéré, traitement selon l'état clinique
- 1000 – 2000 OPG : niveau de parasitisme élevé, traitement préconisé
- > 2000 OPG : niveau de parasitisme très élevé, traitement nécessaire

La décision de traiter peut s'appuyer sur ces valeurs, cependant il faut toujours prendre en compte l'immunité des individus (âge), leur stade physiologique, la prolificité de l'espèce parasite (*H. contortus* > *T. circumcincta* > *T. colubriformis*), et la consistance des fèces car la diarrhée entraîne une dilution des œufs excrétés.

Discussion :

Idéalement les analyses coprologiques sont réalisées de manière individuelle, mais lorsque l'aspect financier limite les manipulations, il est envisageable de prélever 15 individus par lot, primipares et multipares, et de réaliser une analyse en mélange. En effet, il existe une bonne corrélation entre la moyenne des résultats individuels et le résultat de l'analyse de mélange (Bonfont et Cannelas, 2014).

b) Coproculture et identification des larves

La coproscopie ne permettant pas de différencier les espèces de strongles digestifs à partir de l'observation de leurs œufs, l'identification peut se faire sur les larves après un procédé de coproculture.

Plusieurs protocoles existent afin de faire évoluer les œufs in vitro jusqu'au stade de larve L3. L'incubation des œufs peut se faire à différentes températures et sur des durées variables. Dans un cas de polyparasitisme, le couple température/humidité doit être adapté au développement des espèces présentes. Le protocole de Baermann modifié est le plus répandu (Ministry of Agriculture 1986).

Méthode :

Comme pour les coproscopies, l'échantillon de fèces est récupéré *per rectum*, conditionné de la même manière, par contre en termes de stockage, on doit éviter un

séjour trop long (pas plus de 24 heures) à +4°C pour ne pas inhiber l'éclosion des œufs d'espèces thermophiles comme *Haemonchus contortus*.

La coproculture est réalisée avec un mélange des fèces de plusieurs individus, chaque échantillon dans les mêmes proportions. La première période dure 10 à 15 jours, le contenant reste alors dans une étuve à 25°C avec une humidification, brassage et oxygénation tous les 2-3 jours. A la fin de cette première période, le contenant est rempli d'eau et une boîte de Pétri est apposée à l'envers sur le pot, puis l'ensemble est retourné sur une surface plane. Les larves L3, étant attirées par la lumière, migrent des matières fécales vers la boîte de Pétri. Le liquide chargé en larves est aspiré et transvasé dans un tube Falcon, 24 heures et 48 heures après le retournement des contenants. Ensuite, les tubes Falcon restent au froid positif et constant du réfrigérateur pendant au moins une journée afin que les larves se déposent au fond du tube. On retire le surnageant pour récupérer au final un volume de suspension larvaire de 5 ml par tube.

On peut estimer le nombre de larves dans un volume donné. Pour avoir une valeur de larves par millilitre de solution larvaire, il faut compter le nombre de larves L3 de deux volumes de 40 µL au microscope après homogénéisation de la solution à l'aide d'un vortex. La somme des deux comptages doit ensuite être multipliée par un coefficient de 12,5. Enfin, un produit en croix permet de connaître la quantité de larves par millilitre.

Éléments de diagnose :

On laisse sédimenter les larves pendant 24h en mettant le falcon à la verticale. Il n'est pas nécessaire de centrifuger le tube, les larves se regroupent dans le culot par gravité. Il s'agit donc d'observer les larves pour essayer, à partir des données bibliographiques de morphologie parasitaire, de reconnaître et d'identifier les différentes espèces. La diagnose est permise plus précisément par différentes structures internes ou externes : forme de la tête, longueur de la larve, longueur de sa queue de gaine, nombre de cellules intestinales.

Genre	Longueur totale (µm) et aspect de la queue de la gaine	Nombre et aspect des cellules intestinales	Aspect de l'extrémité antérieure	Autres éléments morphologiques
<i>Haemonchus</i>	750-850 moyenne, pointue ; décalée	16, assez nettes	∅	∅
<i>Teladorsagia</i>	700-850 courte, pointue	16, assez nettes	Carrée	Queue de la larve arrondie
<i>Trichostrongylus</i>	700 courte, pointue	16, assez nettes	Aplatie et rétrécie	Queue de la larve arrondie avec 1 ou 2 tubérosités

Tableau 3 : Éléments de diagnose des larves L3 pour l'identification microscopique, d'après Knoll et al, 2021.

Cette étape est très complexe, y compris pour des spécialistes. Cette méthode d'identification qualitative est donc peu sensible et peu spécifique, très dépendante de l'expérience de l'opérateur.

Autres méthodes d'identification des larves :

- Par PCR :

Comme dit précédemment, la diagnose microscopique est très complexe et chronophage donc nous utilisons actuellement un procédé de biologie moléculaire. La PCR (Polymerase Chain Reaction) est une technique moléculaire permettant d'amplifier l'ADN et d'obtenir un grand nombre de copies identiques d'un fragment d'ADN. Pour commencer, l'ADN est extrait du prélèvement à l'aide de kits commerciaux. Ensuite 3 étapes se succèdent dans un thermocycleur :

- Dénaturation : Chauffage à 95°C permettant la séparation des brins d'ADN
- Hybridation : Baisse de la température entre 50 et 70°C permettant d'hybrider l'ADN monobrin avec des amorces
- Elongation : une enzyme à activité ADN polymérase complète la synthèse du brin d'ADN à partir de l'amorce et d'oligonucléotides présents dans le milieu de réaction

C'est la répétition, 20 à 40 fois, de ces étapes de synthèse, qui permet l'augmentation exponentielle du nombre de copies de la séquence d'ADN. Grâce à la PCR on peut identifier spécifiquement chaque parasite, détecter les infestations et analyser les variations génétiques entre isolats (Roeber et al., 2013).

La PCR classique permet d'identifier spécifiquement les trois espèces principales de strongles gastro-intestinaux (*Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* et *Trichostrongylus colubriformis*) après coproculture.

- La qPCR :

Une autre technique, la PCR en temps réel ou qPCR (PCR quantitative, adaptation de la PCR classique) permet d'identifier et de quantifier les parasites directement dans les matières fécales ou dans une suspension larvaire. Plusieurs méthodes de qPCR existent. Celle utilisée dans ce travail est issue de Milhes et al 2017, et permet de faire le lien entre l'ADN amplifié et le nombre de L3 des 3 espèces majeures présentes. On peut alors déterminer l'espèce majoritaire de l'helminthofaune.

- Némabiome :

L'analyse Némabiome est une technique de diagnostic avancée utilisée pour l'identification et la quantification des larves de troisième stade (L3) de strongles gastro-intestinaux (SGI) chez les animaux, principalement les ruminants comme les moutons, les chèvres et les bovins. Cette méthode utilise la technologie de séquençage de l'ADN pour identifier les différentes espèces de parasites présents dans un échantillon. Proposée en 2015 par Avramenko et al., elle consiste en du

séquençage à haut débit du locus ITS-2 de l'ADNr des strongles. L'avantage de cette technique est l'identification de multiples espèces et leur quantification relative (en proportions).

3. Diagnostic post mortem

Lors de mortalité dans un élevage ou de suspicion de parasitisme, une autopsie est un examen complémentaire pertinent.

Dans le cas d'une haemonchose, on peut observer directement des vers rouges, tels des filaments, à l'œil nu, dans la caillette. Ce sont les strongles gastro-intestinaux les plus facilement visibles, ils mesurent 1 à 3 cm de long. Dans certains cas, la caillette peut avoir des lésions hémorragiques, des petits ulcères, , et souvent, une hypertrophie de la muqueuse (Mage, 1998).

Concernant la teladorsagiose, les adultes de *Teladorsagia circumcincta* sont plus difficilement visibles. Une gastrite nodulaire est décrite avec des nodules blanchâtres à la surface de la muqueuse de la caillette, induits par le développement des larves L4 (Kerboeuf et al., 1997).

Dans le cas d'une infestation à *Trichostrongylus colubriformis*, les vers ne sont pas détectables à l'œil nu, on peut utiliser une loupe binoculaire sur les produits de lavage de la muqueuse de l'intestin grêle. Globalement on observe des lésions d'entérite congestive catarrhale ou exsudative avec une paroi intestinale hypertrophiée et œdématiée.

II. LUTTE CONTRE LES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX EN OVIN LAITIER

A. Lutte chimique

L'importance des infestations parasitaires en élevage ovin fait de sa gestion un enjeu majeur. Pour lutter contre les infestations, on utilise depuis les années 60 des produits chimiques antiparasitaires. En France, dans le cadre du traitement des strongyloses digestives ovines, nous disposons de cinq familles d'anthelminthiques autorisées : les Benzimidazoles, les Imidazothiazoles, les salicylanilides, les Lactones macrocycliques et des dérivés d'Aminoacétonitrile (Jacquiet et al. 2014).

1. Familles d'anthelminthiques utilisables en cas de strongylose digestive ovine

Les différentes familles d'anthelminthiques agissent en perturbant divers processus biologiques essentiels des parasites (tableau 4).

- Les Benzimidazoles sont la famille la plus ancienne utilisée dans le monde. L'inconvénient majeur de cette famille est l'absence de rémanence et l'importance des résistances.
- La famille des Imidazothiazoles est représentée par une seule molécule utilisée comme anthelminthique chez les ruminants dans notre pays : le lévamisole. Cette molécule est uniquement adulticide et n'a pas de rémanence. Il est important de noter que l'index thérapeutique est très étroit, ainsi des intoxications mortelles sont possibles en cas de surdosage même modéré avec pour signes cliniques : vomissements, tremblements et hypersalivation.
- Les Salicylanilides et apparentés par le mode d'action sont composés de deux molécules anthelminthiques : le closantel et le nitroxinil. Le spectre nématocide est très restreint puisqu'elles sont efficaces seulement contre les nématodes hématophages. Le closantel est efficace contre *Haemonchus contortus* avec une rémanence de 35 jours (Coles et al. 2006). En pratique, on associe le closantel avec d'autres molécules pour élargir le spectre aux espèces de strongles non hématophages (Jacquiet, Fidelle, et al. 2014). De plus cette famille a un index thérapeutique étroit ainsi une intoxication peut entraîner des troubles gastro-intestinaux et une hépatotoxicité.
- Parmi les lactones macrocycliques, on distingue deux groupes de molécules : les avermectines (ivermectine, sélamectine, doramectine et éprinomectine), et les milbémycines (moxidectine). De manière générale, leur rémanence varie de 2 à 5 semaines grâce à leurs propriétés lipophiles : la molécule est stockée dans le tissu adipeux puis redistribuée progressivement. Certaines formulations de moxidectine en injectable ont même une rémanence de 4 mois

(Abbott, Taylor, Stubbings 2012). Les lactones macrocycliques ont des temps d'attente relativement longs et ne sont donc pas utilisées en production laitière, à l'exception de la moxidectine orale et l'éprinomectine. L'éprinomectine est une molécule présentant un intérêt majeur en élevage ovin laitier en laissant très peu de résidus dans le lait. Par conséquent, c'est la seule molécule anthelminthique ovine qui peut être utilisée en lactation avec un délai d'attente dans le lait nul.

- Le monépantel, représentant de la famille des dérivés d'Amino-acétonitrile a été mis sur le marché en 2009 dans un contexte de multirésistances croissantes aux anthelminthiques (HAFSI et al, 2012). Du fait de sa modernité et sa faible toxicité, le monépantel est une molécule intéressante dans le traitement des strongyloses digestives ovines. Cependant, aucune étude de déplétion n'est disponible à ce jour, donc sans temps d'attente dans le lait déterminé cette molécule est interdite en élevage laitier.

Nom de la famille	Molécules	Mécanisme d'action		Toxicité	
		Cible	Action	Pour l'animal traité	Sur l'environnement
Benzimidazoles	Albendazole, Fenbendazole, Mebendazole	β -tubuline (protéine du cytosquelette)	Liaison avec la tubuline, empêche la polymérisation de la tubuline, bloque la division cellulaire et le transport intracellulaire conduisant à la mort des cellules puis du parasite lui-même	Toxicité faible. A haute dose : troubles gastro-intestinaux, effets tératogènes (surtout forte dose d'albendazole au 1er tiers de gestation)	Faible persistance mais des résidus dans les fèces peuvent affecter les organismes non ciblés (insectes coprophages) dans le sol et l'eau
Imidazothiazoles	Lévamisole	Récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine (situés sur les muscles du parasite)	Liaison aux récepteurs spécifiques des canaux ioniques nicotiniques entraînant une dépolarisation prolongée des cellules musculaires et donc une paralysie musculaire avec perte de mobilité et de coordination	Toxicité modérée : index thérapeutique étroit, dose toxique très proche de la dose efficace. Dose toxique : vomissements, tremblements, hypersalivation	Faible persistance et importante métabolisation : dégradation relativement rapide mais peuvent affecter temporairement les organismes aquatiques et terrestres
Salicylanilides	Closantel, Nitroxinil	Mitochondries des parasites	Découple la phosphorylation oxydative dans les mitochondries du parasite ce qui interrompt la production d'ATP entraînant alors la mort cellulaire puis la mort du parasite	Toxicité élevée : index thérapeutique étroit, dose toxique très proche de la dose efficace Dose toxique : hépatotoxicité, troubles gastro-intestinaux, perte de poids, cécité.	Persistance modérée Toxicité pour la faune mal connue
Lactones macrocycliques	Ivermectine, Moxidectine, Eprinomectine, Doramectine	Canaux chlorure glutamate-dépendants (situés sur les membranes des cellules nerveuses et musculaires du parasite)	Liaison aux canaux chlorure glutamate-dépendants entraînant une augmentation de la perméabilité aux ions chlorures, hyperpolarisant les membranes cellulaires. L'hyperpolarisation cause une paralysie flasque puis la mort du parasite	Toxicité variable : généralement bien toléré à dose thérapeutique. Sensibilité individuelle : races de brebis peuvent être plus sensibles, effets secondaires tels que tremblements, ataxie, troubles neurologiques	Haute persistance dans l'environnement, restent actifs longtemps dans le sol et l'eau. Impact significatif sur la faune : résidus excrétés dans les fèces toxiques pour les insectes coprophages et les invertébrés aquatiques, perturbant les écosystèmes naturels
Dérivés d'aminocétonitriles	Monepantel	Récepteurs spécifiques de l'acétylcholine	Liaison aux récepteurs spécifiques de l'acétylcholine provoquant une dépolarisation continue, entraînant une paralysie et la mort du parasite	Faible toxicité : généralement bien toléré avec une large marge de sécurité	Faible persistance : Dégradation rapide dans l'environnement avec faible impact sur les organismes non ciblés

Tableau 4 : Mécanismes d'action et toxicité des différentes familles d'anthelminthiques nématocides ovins. D'après Whittaker et al (2017) et MSD Veterinary Manual.

2. Molécules autorisées en élevage laitier

a) Cas général

Les 5 familles précédentes peuvent être utilisées dans la lutte contre les strongyloses digestives chez les petits ruminants allaitants mais pas forcément en production laitière. Un élevage ovin laitier a un choix de molécules restreint car certaines sont complètement interdites, et parmi les molécules autorisées, des temps d'attente à respecter dans le lait sont prévus. Il faut aussi penser aux élevages sous le label "agriculture biologique" pour lesquels le délai est systématiquement multiplié par deux. A ce sujet, depuis le 1er janvier 2022 un décret européen impose un temps d'attente d'au minimum 48h en agriculture biologique, même pour les médicaments allopathiques avec un temps d'attente nul.

Famille	Molécule	Nom commercial	Temps d'attente et condition d'utilisation (production laitière)
Benzimidazoles	Albendazole	Valbazen ®	Contre indiqué dans le premier tiers de gestation. Temps d'attente lait de 4 à 6 jours selon la posologie utilisée
	Fenbendazole	Panacur ®	8,5 j Lait
	Nétobimin	Hapadex ®	5 j Lait
	Oxfendazole	Oxfenil ®	8 j Lait
Imidazothiazoles	lévamisole	Lévamisole ®, Biaminthic ®, Anthelminticide ®...	Interdit en lactation. Ne pas utiliser chez les brebis gestantes, dont le lait est destiné à la consommation humaine, dans les 70 jours précédant l'agnelage
Lactones macrocycliques	Doramectine	Dectomax ®	Interdit en lactation, au tarissement et 70 j avant la 1ère mise bas
	Eprinomectine	Eprinex Multi ®	0 j lait
	Ivermectine	Ivomec ®, Oramec ®	Interdit en lactation, au tarissement et 21j/28j avant la 1ère mise bas
	Moxidectine	Cydectine ®	5 j lait (voie orale) ou interdit en production laitière (injectable)
Dérivés d'amino-acétonitrile	Monepantel	Zolvix ®	Interdits en production laitière
Salicylanilides	Closantel	Flukiver ®, Seponver ®,	Interdit en lactation, au tarissement et 1 an avant la 1ère mise bas (Flukiver ®) / 34 j après mise bas si période sèche d'au moins 90 j sinon 4 mois (Seponver ®)
		Duotech ® (+ oxfendazole), Supaverm ® (+mébendazole)	Interdit en lactation, au tarissement et 1 an avant la 1ère mise bas
	Nitroxinil	Dovenix ®	Interdit en lactation, au tarissement et 1 an avant la 1ère mise bas

Tableau 5 : Molécules anthelminthiques possédant une AMM en production ovine en France avec délais d'attente et conditions d'utilisation, d'après Bordes et al, 2020.

D'après le tableau précédent, une seule molécule est réellement intéressante pour une brebis en cours de lactation, c'est-à-dire avec un délai d'attente lait nul, c'est l'éprinomectine. Il existe fort heureusement d'autres molécules autorisées en lactation, mais avec des délais d'attente dans le lait plus longs, c'est le cas de la moxidectine sous sa formulation orale et de certains benzimidazoles. Il faut être prudent avec l'utilisation des benzimidazoles car des résistances sont observées dans la majorité des élevages français (Bordes et al. 2020).

b) Focus sur l'éprinomectine

L'éprinomectine est commercialisée en France depuis 1997 comme antiparasitaire à large spectre bovin pour le traitement contre les nématodes, les varrons, les gales et les poux. Dans le cadre de la cascade thérapeutique, cette molécule a été utilisée en dehors des préconisations de l'autorisation de mise sur le marché (AMM) avant 2016. Cette année-là, la première AMM ovine pour l'éprinomectine est publiée pour une voie pour-on. Entre l'utilisation hors AMM mal connue de cette molécule avant 2016, et son utilisation intensive depuis compte tenu de son délai de 0 jours dans le lait, des phénomènes de résistances ont été décrits en France et dans le monde (Rostang A. et al, 2022).

Pharmacocinétique :

La pharmacocinétique de l'éprinomectine dans le lait est remarquable, faisant de cette molécule la plus intéressante dans le cadre du traitement des strongyloses ovines en période de lactation. Des mécanismes complexes physico-chimiques entre la molécule et les membranes régissent la répartition de la molécule entre le plasma et le lait. L'éprinomectine a un niveau de partage lait/plasma de 0,1% ce qui est très faible. C'est donc à peine 0,1% de l'éprinomectine administrée qui est éliminée dans le lait. La pharmacocinétique de cette molécule engendre un temps d'attente dans le lait de 0 jours et en fait la molécule de choix pour des brebis en lactation.

Formes galéniques :

L'éprinomectine est actuellement disponible sous forme topique (pour-on) ou injectable. En pour-on la posologie ovine recommandée est d'1 mg/kg, en injectable elle est de 0,2 mg/kg (RCP Eprinex Multi® par Boehringer Ingelheim et Eprecis® par Ceva Santé Animale). De plus, cette molécule est aussi utilisée hors AMM, par voie orale, à la posologie de 0,5 mg/kg.

B. Autres méthodes de lutte ou de prévention

Il existe des méthodes non chimiques de lutte ou de prévention du parasitisme. Elles peuvent être appliquées en complément des traitements chimiques afin de raisonner et limiter ces derniers. En élevage ovin laitier, on peut donc adapter la conduite du

pâturage, la sélection d'individus génétiquement résistants et l'ingestion d'aliments défavorables aux infestations parasitaires.

1. Gestion du pâturage

Les strongyloses digestives ovines sont des pathologies de pâturage donc la conduite de celui-ci doit être réfléchi – dans la mesure du possible - en fonction des infestations parasitaires. On évite de laisser les animaux s'infester massivement, mais prévoir un contact des jeunes animaux en première saison de pâturage avec une faible charge parasitaire permet de développer leur immunité. Des pratiques de pâturage appropriées sont décrites telles que la stratégie d'évasion et la stratégie de dilution (Hoste, Guitard, Pons 2003) mais cette stratégie est moins efficace qu'en élevage bovin, en tout cas elle est moins explorée.

La stratégie d'évasion consiste à échapper au pic d'infestation parasitaire, c'est-à-dire que le statut parasitaire des animaux et des parcelles doit être connu en début de saison de pâturage afin d'adapter les temps passés sur chaque parcelle en fonction du cycle des parasites présents. Le troupeau est retiré de la parcelle quand on considère que la charge parasitaire en L3 est trop importante. On ramène alors les animaux sur la parcelle concernée une fois la hauteur d'herbe et la contamination revenues à un niveau acceptable. Cette technique est appelée pâturage tournant. La durée maximale recommandée sur une parcelle varie le plus souvent entre trois et sept jours (Leray, Doligez, et al, 2017). La durée de la période de repos varie davantage, en période chaude et humide les strongles gastro-intestinaux réalisent leur cycle rapidement, tandis qu'en période de froid prolongé les larves L3 peuvent survivre plus de six mois. L'utilisation du pâturage tournant n'est pas toujours aisée et très dépendante des conditions météorologiques.

La stratégie de la dilution consiste à diminuer le chargement au pâturage et donc de réduire les rencontres entre les brebis et les parasites. En effet un chargement élevé induit une prise alimentaire plus proches des fèces et donc plus de risque d'ingestion de larves infestantes. La difficulté pour l'éleveur réside dans la détermination du juste équilibre entre perte économique liée à la diminution du chargement et la diminution des infestations parasitaires au sein du troupeau (Torres-acosta, Hoste 2008). Toujours dans cette idée de dilution de la charge parasitaire, le pâturage multi-espèces, notamment ovins et bovins, permettrait de diminuer la charge parasitaire de la pâture. Les bovins ingèrent des larves L3 mais ils ne sont pas sensibles aux strongles digestifs des ovins, ils réduisent alors la pression d'infection en agissant comme cul de sac épidémiologique. D'après différentes études, il faudrait 1 bovin pour 4 à 5 brebis pour une efficacité notable. L'espèce de strongles digestif ovine pour laquelle cette stratégie est la plus efficace est *Haemonchus contortus* (Hoste, Guitard, Pons 2003).

2. Sélection génétique

Chez les ovins, il existe une variabilité individuelle de sensibilité aux strongyloses. Dans un troupeau, un petit nombre d'animaux concentre une grande majorité des parasites. La résistance d'un animal consiste à limiter considérablement l'infestation de son tube digestif par les strongles gastro-intestinaux et donc son excrétion fécale est plutôt faible. Ainsi, pour sélectionner la résistance aux strongles, il faudrait, après coproscopies, garder les ovins faibles excréteurs et réformer au maximum les forts excréteurs. Cette pratique est complexe à effectuer sur un troupeau de plusieurs centaines d'individus, c'est pourquoi il est intéressant de l'appliquer sur la sélection des mâles reproducteurs en priorité. C'est dans ce contexte que les organismes de sélection des races Manech à Tête Rousse et Basco-béarnaise ont intégré la résistance aux strongles dans l'ISOL depuis fin 2023 grâce à des phénotypages et des génotypages de béliers (Aguerre et al., 2018).

3. Ingestion de plantes à effets anthelminthique et utilisation de prédateurs des larves

a) Plantes à tanins

Les tanins condensés sont des molécules présentes dans des végétaux de la famille des légumineuses, ayant pour certaines des propriétés anthelminthiques in vitro. A ce jour, les essais de plantes à tanins n'ont pas montré d'efficacité in vivo dans les conditions d'élevage.

Les tanins sont des composés polyphénoliques qui ont la capacité de se lier aux protéines, y compris celles présentes à la surface des strongles gastro-intestinaux. Cette complexation pourrait réduire la capacité des parasites à se fixer à la paroi intestinale de l'ovin. Les tanins peuvent interférer avec les enzymes digestives des parasites, ce qui altère leur capacité à dégrader les nutriments et peut donc compromettre leur nutrition, leur croissance et leur reproduction. De plus, ils ont un effet antioxydant et modifient la flore digestive de l'hôte, ce qui en fait un environnement moins favorable au développement des larves.

Nous manquons encore de données sur l'utilisation des plantes à tanins chez les ovins. Effectivement, l'effet des tanins sur les animaux producteurs de lait n'est pas décrit et aucun consensus n'est établi au sujet de la dose optimale d'utilisation en élevage (Paolini et al, 2003).

b) Champignons nématophages

Il existe d'autres micro-organismes ayant une activité nématocide, c'est le cas du champignon nématophage *Duddingtonia flagrans*. Une fois ingérées, les spores de ce

champignon suivent le trajet du bol alimentaire le long du tube digestif et une fois évacuées, colonisent les fèces. Les hyphes s'étalent sur les matières fécales et le maillage obtenu permet au champignon de se nourrir des larves L3 avant qu'elles n'effectuent leur migration horizontale (sortie des fèces et du cercle de répugnance). D'après les données actuelles, il n'y aurait pas d'impact négatif sur l'environnement comme c'est le cas actuellement avec les traitements chimiques (Chandrawathani et al. 2004 ; Hoste, Chartier 2002). La commercialisation de ce champignon est effective dans certains pays sous le nom "BioWorma ND", mais pas encore en Europe où l'autorisation de ce produit sur le marché est toujours à l'étude.

c) Acariens du genre *Macrocheles* et *Parasitus*

Une étude récente laisse penser que l'utilisation des acariens phorétiques des bousiers pourrait être un moyen de biocontrôle d'*Haemonchus contortus*. En effet, en 2022, lors du programme PLACENETT (Pâturages Laitiers Assistés par les Coprophages EcoNETToyeurs) ayant pour objectif d'évaluer l'impact des traitements anthelminthiques conventionnels sur l'entomofaune coprophage, une étude sur les acariens du genre *Macrocheles* et *Parasitus* a été initiée. Ce sont des acariens, prédateurs généralistes, transportés par les bousiers. Les résultats de cette étude sont très encourageants et nécessitent d'être approfondis mais il semblerait que ces acariens présents en France soient des prédateurs de larves L3 d'*Haemonchus contortus*. In vitro, en conditions expérimentales favorables aux acariens du genre *Macrocheles*, le nombre de L3 d'*Haemonchus contortus* a été divisé par 2,5 (Begou 2022).

C. Résistance aux anthelminthiques et conséquences

1. Définition

La résistance parasitaire à un anthelminthique est définie comme la capacité d'une population de parasites à survivre et à se reproduire en présence d'une concentration d'anthelminthique qui serait normalement létale pour la majorité de cette population. Cette résistance peut se développer au fil du temps en raison de l'exposition répétée des parasites à un anthelminthique spécifique. Les parasites qui survivent à un traitement antiparasitaire ont plus de chances de transmettre leurs caractéristiques génétiques de résistance à leur progéniture, contribuant ainsi à l'émergence de souches résistantes. La résistance aux anthelminthiques est un problème important en médecine vétérinaire, en agriculture et en santé humaine, car elle compromet l'efficacité des traitements antiparasitaires.

L'ère des anthelminthiques chimiques a commencé dans les années 1950 avec la commercialisation de la phénothiazine, première molécule anthelminthique. S'en sont suivis les benzimidazoles durant les années 1960, puis les imidazothiazoles en 1970

et les lactones macrocycliques au début des années 1980. Les recommandations données à ce moment-là se focalisaient sur la maximisation de la productivité (Kaplan 2020), omettant les facteurs de risque d'apparition de résistance. Ainsi de multiples cas de résistance ont vu le jour et dans des délais parfois très rapides après la mise sur le marché d'une nouvelle famille de molécules.

2. Prévalence des résistances

a) A l'international

A travers le monde, des résistances aux anthelminthiques chez les trois espèces majeures de strongles gastro-intestinaux des ovins sont décrites. C'est en Australie, Nouvelle-Zélande ou Afrique du Sud que l'on a le plus d'études, certainement dû aux importantes productions ovines dans ces pays. La gravité peut être telle que l'Australie considère le parasitisme interne ovin comme étant la deuxième cause de pertes économiques de la filière. Le strongle le plus souvent identifié dans des cas de résistance est *Haemonchus contortus*, sa situation est actuellement la plus inquiétante (Tableau 6) (Kotze, Prichard 2016). Les cinq continents sont touchés et aujourd'hui nous devons faire face à plusieurs cas de multirésistances, c'est à dire qu'un même parasite peut être résistants à deux, trois voire davantage de familles de molécules différentes. Par exemple dans une étude en 2018 aux Pays-Bas des résistances aux benzimidazoles, à la doramectine, à l'ivermectine, à la moxidectine ainsi qu'au monépanтел ont été mises en évidence dans 16 élevages sur les 34 de l'étude, avec au minimum deux familles de molécules impliquées (Ploeger, Everts 2018). Ces cas sont de plus en plus décrits et concernent de plus en plus d'espèces de strongles (Falzon et al. 2014a).

Plusieurs études (Tableau 7) décrivent l'étendue des résistances parasitaires en Europe (Rose et al. 2015), et dans le reste du monde (Falzon, O'Neill, et al. 2014).

Nématode	Famille d'anthelminthiques	Pays
<i>Teladorsagia spp.</i>	BZ	République Tchèque, Danemark, France, Grèce, Irlande, Italie, Pays Bas, Norvège, Slovaquie, Espagne, Royaume Uni
	LM	République Tchèque, Danemark, Irlande, Italie, Pays Bas, Norvège, Slovaquie, Espagne, Suède, Royaume Uni
	Lévamisole	Danemark, France, Grèce, Irlande, Italie, Pays Bas, Espagne, Royaume Uni
	Multirésistances	Grèce, Pays Bas
<i>Trichostrongylus spp.</i>	BZ	Danemark, France, Grèce, Irlande, Italie, Pays Bas, Norvège, Slovaquie, Espagne, Royaume Uni
	LM	Danemark, Grèce, Irlande, Italie, Pays Bas, Slovaquie, Espagne, Royaume Uni
	Lévamisole	Danemark, France, Grèce, Irlande, Italie, Pays Bas, Espagne, Royaume Uni
	Multirésistances	Danemark, Allemagne, Grèce, Irlande, Italie, Pays Bas, Espagne, Royaume Uni
<i>Haemonchus contortus</i>	BZ	France, Allemagne, Grèce, Pays Bas, Norvège, Slovaquie, Suède, Suisse, Royaume Uni
	LM	République Tchèque, Grèce, Allemagne, Italie, Pays Bas, Slovaquie, Suisse
	Lévamisole	Grèce, Pays Bas
	Multirésistances	Grèce, Pays Bas

Tableau 6 : Résumé des résistances aux anthelminthiques identifiées en Europe chez les 3 principaux nématodes affectant les ovins, en 2015 (Rose et al, 2015).

Famille d'anthelminthique	Molécule	Commercialisation	Premiers cas de résistance	Pays
Benzimidazoles	Thiabendazole	1961	1964	Etats-Unis
	Fenbendazole	1971	1975	Afrique du Sud
	Albendazole	1979	1979	Australie
	Oxfendazole	1975	1979	Australie
	Mebendazole	1971	1975	Afrique du Sud
Salicylanilides	Closantel	1977-1981	1982	Afrique du Sud
Imidazothiazoles	Lévamisole	1965	1981	Australie
Lactones macrocycliques	Ivermectine	1981	1987	Afrique du Sud
	Abamectine	1985	2001	Australie
	Moxidectine	1992	2001	Nouvelle-Zélande
	Doramectine	1993	2001	Etats-Unis
	Eprinomectine	1996	2009	Suisse
Dérivés d'acétonitrile	Monepantel	2009-2010	2013	Nouvelle-Zélande

Tableau 7 : Historique de l'apparition de résistance en élevage ovin dans le monde (Kotze, Prichard, 2016 ; Richelme, Greil, 2019).

b) En France

A la fin des années 1990, les benzimidazoles ont été les premiers dont la résistance a été mise en évidence. En 1997, dans l'ouest de la France, 3 familles d'antiparasitaires (benzimidazoles, imidazothiazoles et l'ivermectine) ont été étudiées sur 23 élevages ovins et 15 élevages caprins laitiers. Des tests de réduction de l'excrétion fécale (FECRT), outils pour évaluer l'efficacité des anthelminthiques, ont révélé que 83 % des élevages ovins présentaient de la résistance aux benzimidazoles et 50 % au lévamisole. En revanche, lors de cette étude, aucune résistance à l'ivermectine n'a été observée (Chartier et al. 1998).

Ces dernières années, la prévalence de la résistance aux benzimidazoles est proche de 100% dans les élevages testés, mais cette famille n'est pas à proscrire totalement car il faut garder à l'esprit que la plupart des études sont réalisées dans des élevages à très forte suspicion de résistance. Il ne faut donc pas généraliser et appliquer des mesures restrictives au reste du territoire français (Geurden et al., 2014 ; Jacquiet et al., 2014).

Une étude de 2014, dans la Loire, a révélé la première multirésistance ivermectine-moxidectine, donc à deux lactones macrocycliques : *Teladorsagia circumcincta* était l'espèce parasitaire mise en cause (Paraud et al., 2014).

Les cas décrits de résistance en France sont courants depuis quelques années (Jouffroy et al., 2023). Pour les élevages laitiers l'arsenal thérapeutique est restreint, et avec l'apparition des résistances et les exigences de productivité, la situation d'impasse thérapeutique est vite arrivée.

3. Mécanismes moléculaires de résistance

On distingue deux sortes de mécanismes de résistance mis en place par les strongles gastro-intestinaux : les mécanismes non spécifiques et les mécanismes spécifiques. Les mécanismes non spécifiques empêchent le contact entre la molécule et sa cible chez le parasite alors que les mécanismes spécifiques sont issus de mutations sur les cibles des anthelminthiques.

a) Mécanisme non spécifique

La résistance non spécifique des parasites consiste à entraver le contact entre les principes actifs des traitements anthelminthiques et leurs sites d'actions habituels sur le nématode (Jacquiet, Fidelle, et al. 2014). Plusieurs mécanismes sont décrits, les trois principaux sont les suivants (Jacquiet et al. 2014) :

- La surexpression des glycoprotéines-P agit comme une pompe à efflux des molécules anthelminthiques, ce qui va permettre aux strongles d'éliminer l'anthelminthique (Lespine et al. 2012)
- Des mécanismes d'augmentation de l'activité des cytochromes P450, permettant la détoxification
- Des processus mal connus de modifications structurales des neurones sensoriels, entraînant une diminution de leur contact avec l'anthelminthique

b) Mécanisme spécifique

Certains anthelminthiques agissent en ciblant des protéines spécifiques essentielles aux parasites, telles que la tubuline dans le cas des benzimidazoles. Les parasites peuvent alors développer des mutations génétiques qui modifient la structure de ces protéines cibles, réduisant ainsi l'affinité de l'anthelminthique pour celles-ci. Les parasites peuvent également développer des mécanismes enzymatiques qui accélèrent le métabolisme ou inactivent les anthelminthiques avant qu'ils n'aient un effet. Cela peut se produire par le biais de modifications enzymatiques, telles que la conjugaison avec des groupes chimiques. On observe aussi le développement d'adaptations qui réduisent leur capacité à absorber efficacement les anthelminthiques depuis leur environnement. Cela peut se faire par des modifications de la perméabilité des membranes cellulaires. Il est important de noter que la résistance parasitaire est un problème complexe qui peut résulter de l'interaction de plusieurs de ces mécanismes.

4. Protocole de mise en évidence d'une résistance

On peut constater un manque d'efficacité suite à un traitement : poursuite de l'amaigrissement, de la baisse de production laitière, des diarrhées ou des autres signes évocateurs de parasitisme digestif. On peut suspecter une résistance mais ces symptômes ne sont pas spécifiques de la strongylose digestive ovine. De plus, avant d'attribuer le potentiel défaut d'efficacité à la molécule, il faut s'assurer que le traitement a été bien réalisé, à des doses adaptées. Pour mettre en évidence une résistance, il existe des protocoles précis s'appuyant sur des données scientifiques.

a) FECRT

La WAAVP (World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology) considère le test de réduction de l'excrétion fécale d'œufs, ou FECRT, comme la méthode de choix pour mettre en évidence une résistance en élevage. Basé sur un protocole simple à mettre en place, ce test in vivo consiste à comparer l'intensité de l'excrétion fécale ante et post traitement. Exécuté par un vétérinaire, ce test est faisable avec toutes les familles d'anthelminthiques et toutes les espèces de strongles

digestifs. Cette évaluation indirecte de la résistance aboutit à un résultat en pourcentage de réduction de l'excrétion d'œufs post-traitement.

Recommandations de terrain :

L'application de ce test sur le terrain, pour être interprétable, est encadrée par la WAAVP et les recommandations de différents chercheurs (Coles et al., 2006) :

- Conditions à remplir par les animaux choisis : lots homogènes (testé et contrôle), excrétion suffisante avant traitement (>300 OPG), pas de traitement récent
- Conditions de conservation des échantillons et analyse (MacMaster)
- Délai de vérification post traitement en fonction des familles de molécules évaluées :

Famille d'anthelminthique évaluée :	Temps post traitement pour le second prélèvement :
Lévamisole	7 jours
Benzimidazoles	8 - 10 jours
Lactones macrocycliques	14 - 17 jours
Plusieurs familles	14 jours

Tableau 8 : Délai post traitement pour le second prélèvement dans le cadre d'un FECRT, d'après Jacquet, Fidelle et al. 2014.

Calcul du FECRT :

Une fois toutes les données d'analyse coproscopiques récupérées, il reste à calculer le coefficient de réduction de l'excrétion fécale. On trouve plusieurs méthodes de calcul qui font varier différents éléments de l'équation :

La formule la plus utilisée a été proposée en 1992 (Coles et al. 1992), c'est la référence des guidelines de la WAAVP. Elle permet de ne faire des coproscopies que post traitement, sur les lots (T) et (C) :
$$FECR_2 = 100 \times \left[1 - \left(\frac{T_2}{C_2} \right) \right]$$

Il existe deux autres formules :

- Le premier FECR décrit en 1988 par Dash et al :
$$FECR_1 = 100 \times \left[1 - \left(\frac{T_2}{T_1} \times \frac{C_1}{C_2} \right) \right]$$
- Le dernier FECR proposé par McKenna en 2006 :
$$FECR_3 = 100 \times \left[1 - \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \right]$$

En regardant ces trois formules, il est possible de distinguer divers avantages et inconvénients à leur utilisation. En effet, un calcul qui utilise les données d'un groupe

contrôle semble judicieux si l'on souhaite pouvoir prendre en compte les variations temporelles d'excrétion d'œufs par les ovins sans traitement. Par contre dans cette situation il faut être sûr que les excréments fécaux sont homogènes entre les deux lots au début de l'étude.

Par ailleurs, l'utilisation des comptages d'excrétion fécale avant et après traitement est intéressante pour éliminer un biais venant d'animaux faibles excréteurs (<150 opg) au début de l'étude (avant traitement).

Ainsi, dans le cadre de la recherche scientifique, les guidelines changent au fil du temps mais ici la formule de Coles a été utilisée, d'après les guidelines de la WAAVP

Interprétation du résultat :

Le résultat obtenu est un pourcentage. Sur les recommandations de la WAAVP son interprétation est la suivante :

Valeur du FECR	Limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %	Efficacité de la molécule anthelminthique
> 95 %	> 90 %	Efficace
< 95 %	ou < 90 %	Douteux
< 95 %	< 90 %	Défaut d'efficacité

Tableau 9 : Recommandations d'interprétation du FECRT, d'après la WAAVP.

En conclusion le FECRT est un moyen facile à mettre en œuvre sur le terrain mais il met seulement en évidence une forte probabilité que les animaux testés soient infectés par des vers résistants. En effet cette technique peut comporter de nombreux biais en fonction de la saison, la pharmacocinétique, la formulation du médicament, le niveau de production des animaux, etc... (Morgan et al, 2022).

En toute rigueur, les guidelines indiquent d'isoler la souche résistante, d'infester des animaux naïfs et de les traiter pour voir si effectivement il y a bien résistance. Cette manipulation est réalisée seulement dans un cadre expérimental précis. La réalisation d'un dosage plasmatique de la molécule anthelminthique permet de vérifier que les concentrations suffisantes ont bien été atteintes chez les animaux traités (Jouffroy et al., 2023), et c'est normalement le cas si les molécules ont été administrées selon les recommandations de l'AMM.

b) WormMicro Tracker©

Le Worm Micro Tracker (WMicrotracker ©, WMT) est une méthode innovante qui permet de suivre et de mesurer la motilité des larves en utilisant des rayons lasers infrarouges. Des lectures répétées sont réalisées sur des larves L3 de strongles gastro-intestinaux qui sont exposées à des concentrations croissantes d'une molécule ayant une activité paralysante afin d'évaluer leur sensibilité (Alberich et al, 2024).

Actuellement au stade de recherche, cette technique récente représente une avancée significative dans le diagnostic des résistances parasitaires, offrant précision et rapidité mais son efficacité sur des mélanges d'espèces reste encore à vérifier.

5. Facteurs de risques d'apparition de résistances et les bonnes pratiques associées

a) Génétique du nématode

La vitesse de transmission d'une résistance donnée dépend notamment du caractère du ou des allèles impliqués : dominant ou récessif. La résistance se diffuse plus vite si l'allèle impliqué est dominant puisqu'un allèle résistant dominant s'exprime en conditions hétérozygote. De plus, la biologie du strongle entre aussi en jeu : plus la prolificité est importante, plus l'allèle résistant a de chance d'être transmis à la descendance (*Haemonchus contortus* est une espèce particulièrement prolifique). Par ailleurs, les espèces pratiquant l'hypobiose peuvent davantage perdurer dans un élevage et donc diffuser leur génome sur une période plus longue.

Il n'y a pas réellement de méthode pour prévenir ces mutations génétiques, c'est un facteur intrinsèque au parasite.

b) Fréquence d'utilisation d'une molécule

La méta-analyse de Falzon et al en 2014 montre que la fréquence de traitement anthelminthique est corrélée positivement à l'apparition de résistance. En effet, plus une molécule est utilisée souvent, plus la pression de sélection est intense pour les vers : à chaque traitement on élimine les parasites sensibles et on conserve les résistants, en accélérant cette pratique on accélère alors la mise en place de la résistance. Une fois acquise, la résistance est quasiment définitive. Un seul cas de réversion (retour à la sensibilité des parasites plusieurs années après une résistance avérée pour une molécule) a été décrit pour *Teladorsagia circumcincta* en Nouvelle Zélande (Leathwick, Ganesh, Waghorn 2015). La résistance a refait son apparition par la suite, ainsi une réversion, en plus d'être extrêmement rare, n'est pas définitive. De ce fait, il est préconisé de changer les familles d'anthelminthiques utilisées entre chaque traitement.

c) Traitement systématique

Historiquement en production ovine laitière, il était recommandé de traiter tout le troupeau avant la mise à la lutte et à l'entrée en bergerie. Ces traitements systématiques non sélectifs sont un facteur de risque élevé d'apparition de résistance. Des animaux dont la charge parasitaire est très faible sont traités relativement

inutilement. Le nombre de traitements peut ainsi être diminué facilement. De plus cela induit une perte économique non négligeable.

On peut alors réaliser des coproscopies afin d'évaluer le niveau d'infestation parasitaire et mettre en place un traitement seulement si la charge parasitaire est élevée. En ne traitant que les animaux réellement infestés, on limite le nombre de traitements, le nombre de rencontres avec la même molécule et les pertes économiques. Ce concept de traitement est appelé traitement ciblé sélectif. Il est dit sélectif car on ne traite que les animaux qui à priori ont réellement besoin d'un traitement anthelminthique (les plus touchés, les jeunes, etc ...), et ciblé car les analyses coprologiques montrent une charge parasitaire élevée et révèlent dans le cas idéal les espèces de parasites présentes pour ensuite utiliser la molécule la plus adaptée.

d) Sous dosage

Le sous-dosage de la molécule active d'un médicament anthelminthique pourrait être impliqué dans l'apparition des résistances. Ce sous dosage peut être lié à un problème d'évaluation des poids des animaux, un défaut d'administration du médicament ou une dégradation de la molécule active suite à une conservation incorrecte. Le sous-dosage entraîne une sous exposition des parasites à la molécule active et donc la seule élimination des parasites très sensibles à la molécule, ne nécessitant pas la dose totale habituelle. Il reste ainsi les parasites moins sensibles.

Pour faire face à ce problème il est important de sensibiliser les éleveurs à la conservation et l'administration des traitements. De plus, concernant l'évaluation du poids des animaux, l'idéal serait de peser les individus mais cela est irréalisable en pratique. Concrètement il faudrait peser quelques animaux, et adapter le traitement en fonction de l'individu le plus lourd. On pourrait également utiliser la barymétrie, la création d'un mètre de barymétrie est possible d'après une étude de 2012 par Mathieu, Naves et Arquet.

e) Rémanence

L'utilisation de molécules rémanentes, telles que les formulations longue action, semble être un facteur de risque de l'apparition des résistances aux anthelminthiques. En effet, la pharmacocinétique induit une pression de traitement sur plusieurs semaines ainsi qu'une diminution lente de la concentration variable selon les individus, potentiellement assimilable à un sous-dosage. Il n'existe pas encore de consensus à ce sujet mais une étude de 2015 montre que les formules longues actions favorisent la sélection d'allèles de résistances dans les populations de strongles gastro-intestinaux (Jacquiet, 2015).

f) Médicaments à large spectre

Un traitement anthelminthique à large spectre est un traitement qui cible différents parasites. L'utilisation de cette catégorie de médicaments sans analyse coprologique au préalable correspond un peu à un traitement à l'aveugle en essayant de couvrir un maximum d'espèces parasitaires. Certains parasites sont donc ciblés inutilement et la molécule en question entre en contact avec les strongles gastro-intestinaux, ce qui augmente la fréquence de développement de résistance (Torres-Acosta et Hoste. 2008).

La plupart des anthelminthiques agissent sur toutes les espèces de strongles, sauf le closantel. Le problème de l'utilisation de formulation à large spectre est rencontré lors des traitements pour la gale avec de l'ivermectine ou de la doramectine par exemple : la molécule agit par la même occasion sur les strongles. On évitera donc au maximum l'utilisation d'anthelminthiques à large spectre et ce, en passant par la mise en place d'analyses coproscopiques pour effectuer un traitement ciblé sur les parasites présents.

g) Mode de traitement

Depuis de nombreuses années, on applique la stratégie "treat and move" qui consiste à traiter le troupeau avant de le changer de parcelle afin de ne pas contaminer la nouvelle parcelle saine. Or, dans un élevage où résident déjà des souches résistantes, avec cette méthode on s'est rendu compte que l'on pouvait produire l'effet inverse : le traitement élimine les parasites sensibles et sélectionne les résistants, sur la nouvelle parcelle sont excrétés seulement des œufs de parasites résistants. En faisant cela on fait de cette parcelle "saine" une parcelle contaminée qu'avec des strongles résistants et cela favorise la diffusion de la résistance (Silvestre et al. 2002 ; Falzon et al. 2014a).

Ainsi, aujourd'hui la méthode recommandée est basée sur "move and treat" c'est-à-dire d'abord déplacer le troupeau sur la parcelle saine et traiter quelques jours après pour que la parcelle de pâturage serve de refuge.

III. PRÉSENTATION DU TERRITOIRE, DE SA PRODUCTION OVINE LAITIÈRE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

A. Contexte géographique et climatique des Pyrénées Atlantiques

Nous allons nous concentrer ici sur la région Nouvelle-Aquitaine, et plus précisément le département des Pyrénées Atlantiques et la province du Béarn qui est caractérisée par des paysages très diversifiés. Effectivement, le Béarn regroupe la plaine des gaves de Pau et d'Oléron, les coteaux qui les entourent Vic-Bilh, Soubestre et Entre-Deux-Gaves, ainsi que les trois hautes vallées pyrénéennes d'Ossau, Aspe et Barétous.



Figure 3 : Carte topographique du département des Pyrénées Atlantiques, mars 2008, extrait du site "Wikipédia" (<https://fr.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9arn>) consulté le 15.02.24.

Le Béarn connaît une variation d'altitude de près de 3 000 mètres, le sommet des Pyrénées béarnaises est le pic Palas culminant à 2 974 mètres. Les climats eux aussi différents selon la localisation. La température moyenne s'abaisse depuis les plaines jusqu'aux sommets les plus élevés, où il peut neiger en été. Dans le piémont béarnais, il est fréquent que le vent de sud fasse monter les températures hivernales entre 15°C et 25 °C (Relevé météorologique du Béarn pour la période 1981-2010, Météo France).

B. Contexte agricole en ovin lait dans le département des Pyrénées Atlantiques

L'élevage ovin joue un rôle significatif dans l'activité agricole des Pyrénées-Atlantiques, contribuant à la richesse économique et culturelle de la région. Les régions Nouvelle Aquitaine et Occitanie sont les deux grands représentants de la filière ovine laitière avec le bassin de Roquefort et des Pyrénées Atlantiques.

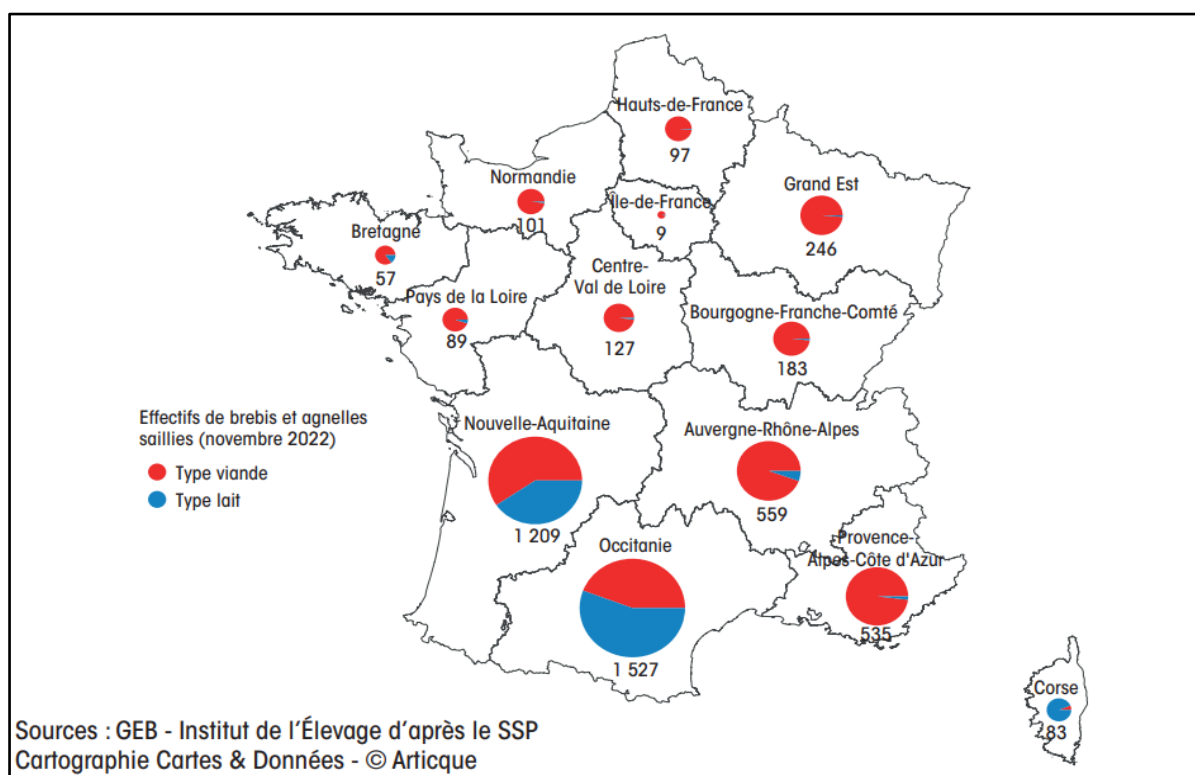


Figure 4 : Cheptels régionaux de brebis et agnelles saillies en 2022 (1000 têtes), extrait de de "OVINS 2023, les chiffres clefs du GEB".

La chambre d'agriculture des Pyrénées Atlantiques indique qu'en 2010, environ 99 000 hectares du massif des Pyrénées est utilisé pour les estives. 2 200 éleveurs des Pyrénées-Atlantiques font paître leurs animaux en estive de mai à octobre (les $\frac{3}{4}$ sont spécialisés en élevage ovin). 80 % des exploitations qui transhument disposent de moins de 50 hectares de surface agricole utile (SAU). Les estives constituent pour elles une ressource fourragère essentielle, les prairies de l'exploitation étant utilisées pour constituer des stocks de fourrage pour l'hiver. L'élevage ovin dans les Pyrénées-Atlantiques est également ancré dans la culture locale via les traditions pastorales et les transhumances qui font partie intégrante du patrimoine de la région.

Parmi les productions emblématiques des Pyrénées Atlantiques, on trouve l'Ossau-Iraty. Ce fromage au lait de brebis, à pâte pressée non cuite, a pour origine le pic du Midi d'Ossau et la forêt d'Iraty. Il est commercialement préservé via une AOC (Appellation d'Origine Contrôlée) depuis 1980 et une AOP (Appellation d'Origine Protégée) depuis 1996. L'Ossau-Iraty est fabriqué à partir du lait de brebis des races

locales, dont les Basco-Béarnaises, et est reconnu pour sa saveur unique et sa texture crémeuse. La présence de l’AOP Ossau-iraty permet une plus-value pour les producteurs ovins laitiers, et pourtant l’élevage décline petit à petit dans le département.

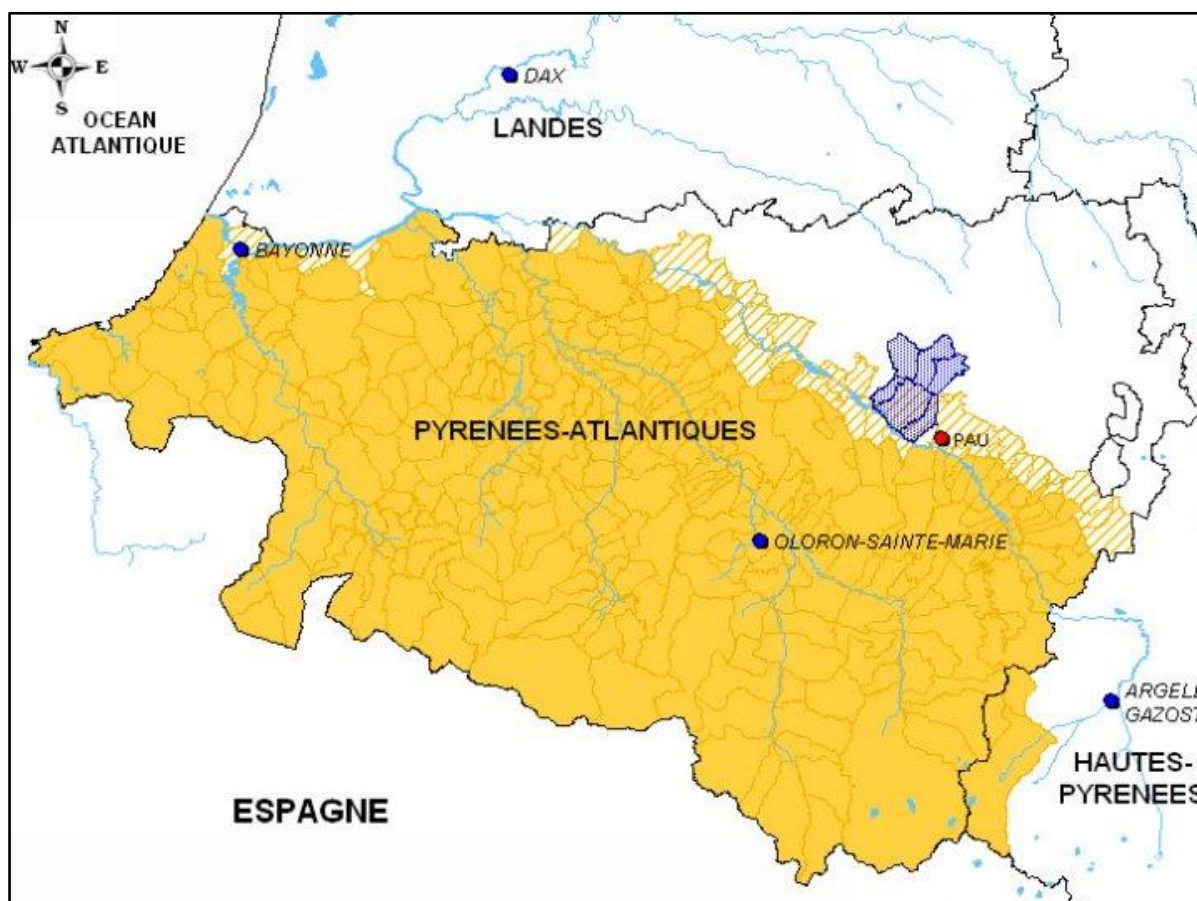


Figure 5 : Carte délimitant la zone d’AOP Ossau-iraty, d’après le site internet <https://www.ossau-iraty.fr/> consulté le 15/02/24.

Effectivement la chambre d’agriculture des Pyrénées Atlantiques constate un recul de l’élevage : le rythme de perte de surface agricole est 2 fois plus élevé en Pyrénées-Atlantiques (- 5%) que dans le reste de l’hexagone (- 2%). Cette baisse s’observe essentiellement sur les surfaces en herbe. Concernant l’élevage, on note une diminution de 6% de la production laitière entre les campagnes de 2020-21 et 2021-22.

En millions de litres	2020-2021	2021-2022	Évolution (%)
Rayon de Roquefort	173	170	-2 %
Pyrénées-Atlantiques	68	64	-6 %
Corse	7	6	-17 %
Hors bassins	56	56	=
TOTAL	304	296	-3 %

Tableau 10 : Collecte française de lait de brebis (campagne laitière de novembre à octobre), extrait de “Ovins 2023, les chiffres clefs du GEB” (d’après les chiffres de FranceAgriMer et Interprofessions).

C. Race basco-béarnaise et typologie d'élevage ovin lait dans les Pyrénées Atlantiques

Les Pyrénées-Atlantiques abritent une race ovine laitière locale importante appelée Basco-Béarnaise. Cette race locale constitue, avec les Manech, le groupe des Races Ovines Laitières des Pyrénées (ROLP). On compte actuellement un effectif d'environ 80 000 individus basco-béarnais. Cette race rustique présente une morphologie adaptée aux terrains montagneux : l'ossature des brebis basco-béarnaises est solide, elles sont résistantes à des conditions météorologiques difficiles et elles ont le pied sûr, leur facilitant les déplacements sur des terrains accidentés. C'est une race adaptée à la montagne et donc plutôt de moyen format : autour de 60 kg en moyenne pour les femelles, environ 75 kg pour les mâles.

Les brebis Basco-Béarnaises produisent un lait de qualité, riche en matières grasses et en protéines. Les progrès génétiques permettent aujourd'hui à une femelle laitière basco-béarnaise de produire en moyenne sur sa carrière 224,4 L de lait par lactation d'après le rapport national du contrôle laitier officiel de 2021. Ce lait est essentiellement utilisé pour la fabrication de type Ossau-Iraty.

Les races laitières pyrénéennes sont élevées plutôt dans les petites exploitations dont la SAU dépasse rarement les 30 hectares. Le système de production est souvent basé sur un atelier ovin laitier et un atelier bovin allaitant pour augmenter le revenu. La surface fourragère constitue la majorité de la SAU, généralement 95%. Les brebis basco-béarnaises transhument de mai/juin à septembre/octobre et alternent donc entre le pâturage en estive l'été et la bergerie en vallée l'hiver. Les périodes d'agnelage durent environ 3 mois entre octobre et décembre, les agneaux sont alors vendus au sevrage à un mois, ce qui permet un abattage pour les fêtes de Pâques ou les fêtes de fin d'année en Espagne. La traite des femelles a lieu de décembre à juin ou juillet. Ainsi la production de lait peut être maintenue en estive pour être transformée par l'éleveur. Ce lait est destiné à une production de fromage fermier dit "d'estive" dans les « kaiolars » (ou "cuyalas" au Béarn), cabanes de bergers aménagées à cet effet.

D. Transhumance et estive, des pratiques ancestrales

La transhumance en France est une pratique agricole traditionnelle qui se retrouve dans plusieurs régions montagneuses du pays, notamment les Alpes, le Massif Central, les Vosges, et les Pyrénées. La transhumance désigne la migration saisonnière des troupeaux entre les vallées et les montagnes. En été, les troupeaux montent vers les pâturages d'altitude, appelés estives, et à l'automne, ils descendent vers les plaines ou les vallées plus basses pour bénéficier de conditions climatiques plus clémentes et des bâtiments d'élevage.

La transhumance peut être réalisée de manière individuelle, le cheptel d'un éleveur va sur des terres privées où seules ses brebis estivent, ou de manière collective en partageant des terres et mélangeant des troupeaux. L'estive collective représente alors un croisement d'animaux issus de divers élevages et donc diverses zones géographiques. Les animaux peuvent seulement se croiser ou réellement être mélangés sur toute ou partie de la période d'estive. Les massifs pyrénéens et alpins concentrent l'essentiel des surfaces collectives, soit 91 %. Les seules Pyrénées en rassemblent 50 % (figure 6).

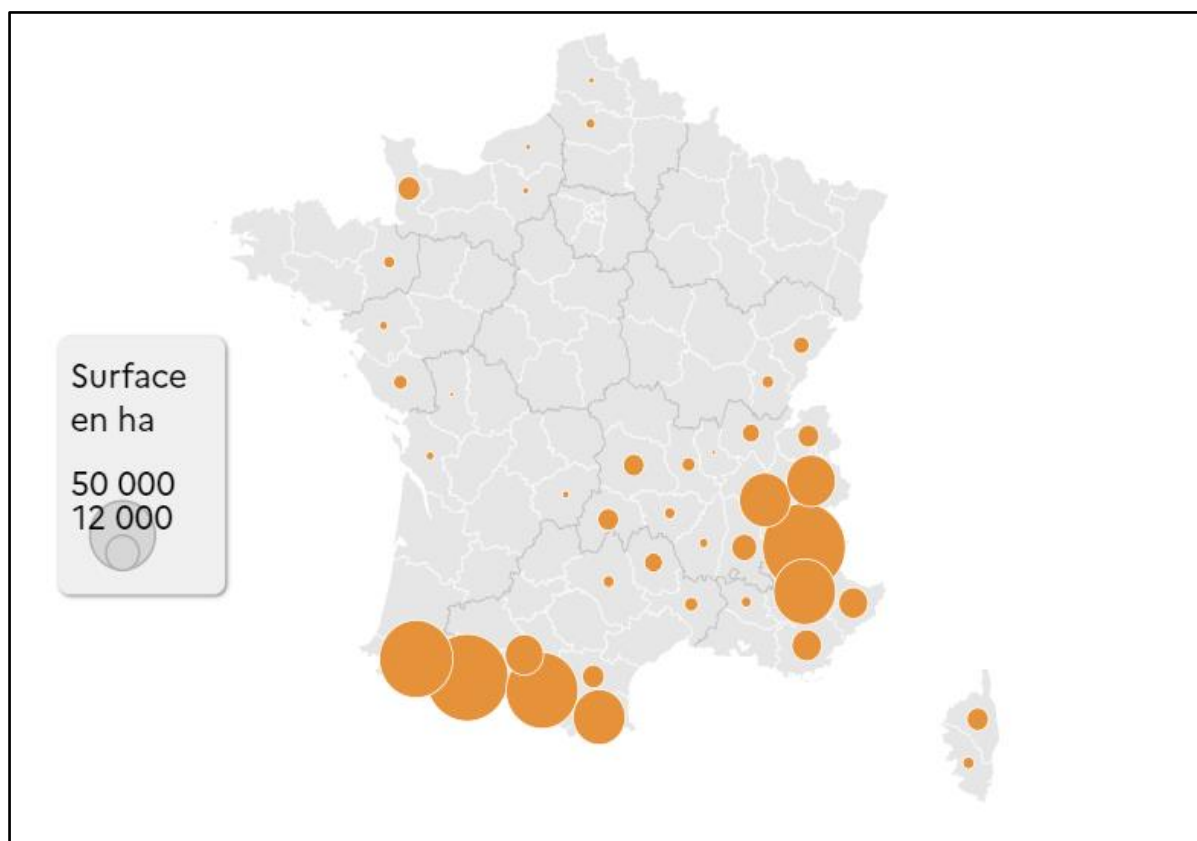


Figure 6 : Estives collectives, surfaces collectives et superficie admissible en hectare, par département, d'après le fichier montées et descentes, ASP 2020, Agreste, site web <https://vizagreste.agriculture.gouv.fr/la-transhumance-collective.html> consulté le 06/07/2024.

En montagne, on peut observer en été des ovins, bovins et équins qui estivent ensemble. Les ovins sont les animaux les plus représentés en estive (figure 7).

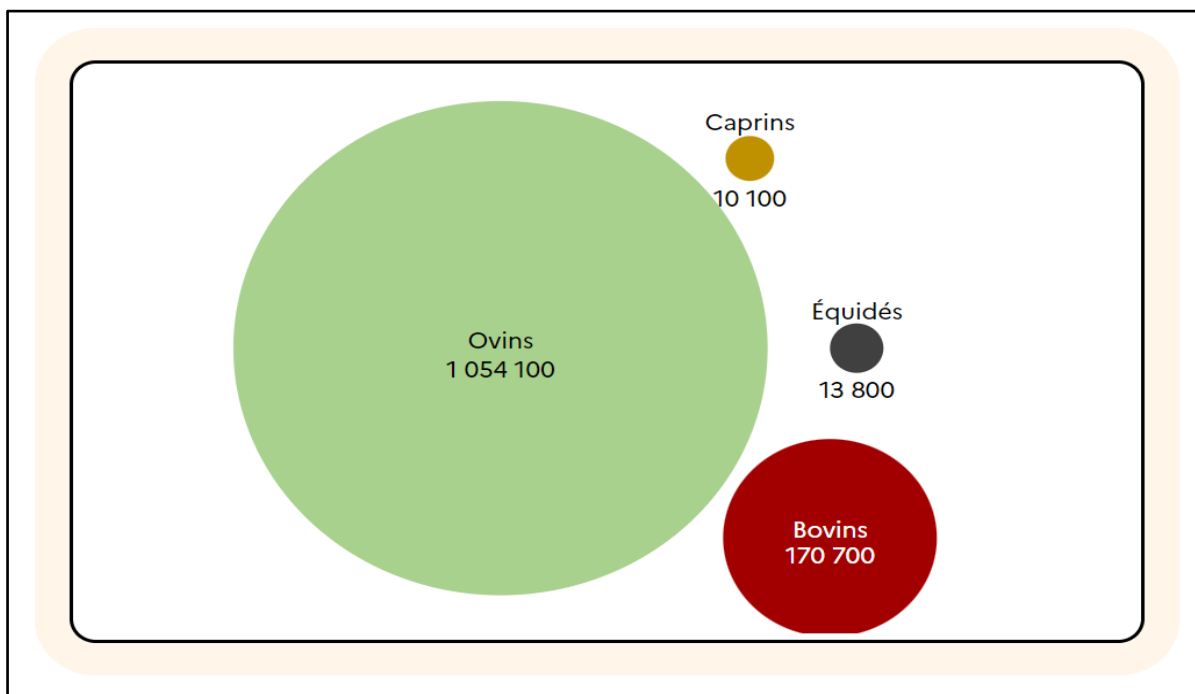


Figure 7 : Estives collectives, nombre de têtes accueillies en surfaces collectives en France (tous massifs confondus), d'après le fichier montées et descentes, ASP 2020, Agreste, site web <https://vizagreste.agriculture.gouv.fr/la-transhumance-collective.html> consulté le 06/07/2024.

Concernant les mouvements d'animaux dans les Pyrénées, les flux ne sont pas toujours exactement les mêmes chaque année mais globalement à l'ouest des Pyrénées, les cheptels transhument vers les estives voisines des Pyrénées centrales, dans les vallées d'Aspe, d'Ossau ou des Gaves. Il s'agit de la zone d'appellation du fromage AOP Ossau-Iraty (figure 8).

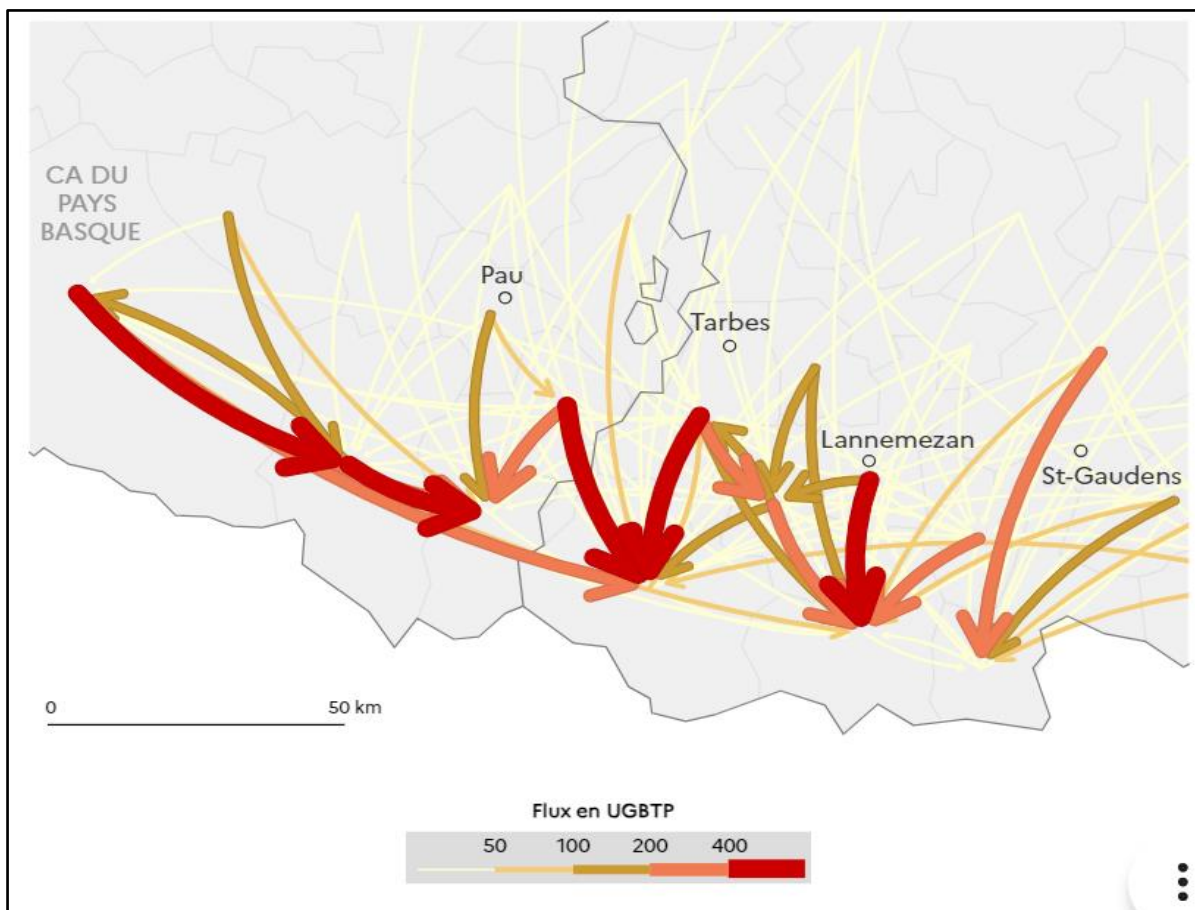


Figure 8 : Estives collectives, Pyrénées ouest : transhumances d'un EPCI à l'autre (EPCI = établissement public de coopération intercommunale), d'après le fichier montées et descentes, ASP 2020, Agreste, site web <https://vizagreste.agriculture.gouv.fr/la-transhumance-collective.html> consulté le 06/07/2024.

Les intérêts de cette pratique sont les suivants :

- Optimisation des ressources alimentaires : l'estive permet l'utilisation des pâturages de haute altitude qui sont abondants en été.
- Préservation des terres : éviter la surexploitation des pâturages de basse altitude limite le risque d'avoir une charge parasitaire élevée. L'estive offre aussi la possibilité d'un réel vide sanitaire des bâtiments d'élevage.
- Contribution à la biodiversité : l'estive maintient des habitats ouverts qui favorisent la flore et la faune locale. Elle prévient aussi la fermeture des milieux et la prolifération des espèces envahissantes.
- Soutien de l'économie locale : Cette pratique soutient l'économie rurale, notamment par la production de fromages et de viandes de qualité. Les produits issus de l'estive sont souvent valorisés pour leur qualité supérieure.
- Patrimoine culturel : la transhumance et l'estive sont des pratiques ancestrales qui représentent des traditions importantes pour les communautés montagnardes.

Ces pratiques agricoles doivent faire face à différents défis. Le changement climatique affecte la disponibilité des pâturages et pose des soucis pour la gestion des

ressources en eau. La modernisation de l'agriculture et la diminution de la main-d'œuvre bergère mettent elles-aussi en péril ces pratiques traditionnelles. Des initiatives et des politiques de soutien, telles que des subventions et des programmes de conservation, sont nécessaires pour préserver ces pratiques. De plus, la question du parasitisme en élevage ovin est omniprésente et depuis quelques années on se rend compte que la quiétude qui était jusqu'alors de mise en estive n'est plus ce qu'il était. En effet, certains éleveurs transhumants béarnais déclarent observer de la mortalité sur les jeunes animaux du troupeau pendant l'estive, se résolvant avec un traitement anthelminthique.

En bilan, la transhumance et l'estive des troupeaux ovins dans les Pyrénées françaises est une pratique agricole riche de traditions, qui nécessite une attention et un soutien continu pour perdurer face aux défis contemporains et aux inquiétudes en lien avec le parasitisme.

E. Objectifs de l'étude

L'impact du parasitisme, présenté en première partie, rend sa gestion obligatoire dans l'élevage de brebis au pâturage. La présence accrue de résistance aux anthelminthiques rend la tâche plus complexe. Effectivement, une meilleure connaissance des communautés parasitaires et de leur évolution est nécessaire pour adapter nos méthodes de maîtrise et de prévention des infestations parasitaires.

C'est dans ce contexte que notre étude s'est construite. Il semblait judicieux de suivre le niveau parasitaire des cheptels pyrénéens estivants. En effet, ce modèle ancestral des Pyrénées Atlantiques de troupeaux estivant pendant la belle saison semble être une bonne solution pour prévenir les infestations parasitaires : extensif par définition, très peu d'animaux sur de très grandes surfaces et une mise au repos de l'estive pendant huit mois accompagnée d'une baisse des températures le temps de l'hiver. Cependant, d'après une étude de Girard C. en 2022, les éleveurs de brebis basco-béarnaises transhumants sont surreprésentés parmi les élevages déclarant un défaut d'efficacité de l'éprinomectine et cette observation a été faite dès les premiers cas confirmés de résistance en 2019. La pratique de l'estive semble alors être un facteur de risque d'apparition de résistance.

Nous avons alors cherché un système d'estive le plus simple possible afin d'en réaliser un suivi parasitaire précis sur le long terme. Il se trouvait que l'ENVT suivait déjà l'élevage du lycée agricole d'Oloron Sainte Marie et que son cheptel transhumait sur une estive où le nombre d'élevages co-estivant était restreint, ceci correspondant à nos critères de recherche. Par le passé le parasitisme digestif faisait déjà partie des problématiques de l'élevage et en 2020, plusieurs cas d'haemonchose aigue ont été signalés. L'année 2021 a été elle-aussi marquée par de la mortalité sur les antenaises, avec signes évocateurs de la présence d'*H. contortus*, essentiellement lors du changement d'estive (première estive à 1400m ; deuxième à 1800/2000m), donc

autour du 15 juillet. Les primipares qui ne recevaient pas de traitement à la moxidectine mourraient très rapidement. En revanche aucun problème de ce genre n'était décrit sur les brebis des autres cheptels partageant l'estive. Un test d'efficacité réalisé en novembre 2021 a mis en évidence une résistance des strongles gastro-intestinaux à l'eprinomectine. Dans ce contexte, nous nous sommes donc posé plusieurs questions : comment évolue le parasitisme au sein de deux cheptels co-estivants ? L'haemonchose ressurgit-elle d'une année sur l'autre à l'estive ? Les souches d'*Haemonchus contortus* résistant se transmettent-elles d'un cheptel à l'autre pendant l'estive ?

IV. SUIVI PARASITAIRE DE CHEPTELS OVINS LAITIERS COTRANSHUMANTS

A. Préambule

La thèse présentée a fait partie du projet ANTHERIN ou “ANTHEImintic Resistance in dairy sheep farms : Survey and Innovative solutions”. Ce projet a pour but d’approfondir les connaissances sur les mécanismes de résistance du parasite *Haemonchus contortus* et de proposer des solutions aux éleveurs. Des études ont alors été mises en place sur les territoires du Pays Basque, du Béarn et du bassin de Roquefort. Ce projet est un partenariat public-privé de 3 ans entre l’ENVT, l’INRAE, l’IDELE, CEVA Santé animale, plusieurs cliniques vétérinaires, GTV, Centres ovins, Lycées agricoles, organismes de sélection, et GDS.

L’étude a également bénéficié du financement du projet SO_PERFECT porté par le CIIRPO dans la région Nouvelle Aquitaine. Celui-ci vise une approche globale et pluridisciplinaire de la question de la production ovine et agroécologique, mobilisant les éleveurs pour diffuser rapidement et largement les innovations au niveau local et régional.

B. Introduction

Comme vu précédemment, les strongyloses digestives sont un réel problème en élevage ovin laitier. La filière ovine laitière est effectivement fortement impactée par la problématique de la résistance, entre autres à cause des contraintes liées à l’interdiction de certaines molécules en lactation, ou de leur utilisation avec un temps d’attente minimal de 4 jours. De plus, dans les Pyrénées Atlantiques la pluviométrie annuelle est relativement élevée, le climat est assez doux sauf en altitude, aboutissant à des circonstances favorables au développement des strongles gastro-intestinaux. Il est fréquent qu’un traitement antiparasitaire soit fait avant l’estive et un autre à la rentrée en bergerie (Bordes, 2022). Il se trouve que le premier cas français d’*Haemonchus contortus* multirésistant (benzimidazoles et ivermectine) a été mis en évidence dans un troupeau allaitant et transhumant de la zone pyrénéenne en 2018 (Cazajous et al. 2018). Le travail de Clara Girard (Girard, C, 2022) a permis de mettre en évidence que la pratique de la transhumance augmentait la probabilité pour les élevages ovins laitiers de faire face à la résistance à l’éprinomectine. La présence de souches résistantes et le partage des estives entre les différents troupeaux ovins a alors commencé à poser question. Nous nous sommes demandés quel était le statut de la résistance à une même molécule dans plusieurs élevages partageant ou ayant accès à la même estive. De plus, est-ce que le suivi longitudinal des espèces de strongles présentes dans un élevage ovin laitier transhumant permettrait de

comprendre plus finement comment la transhumance impacte la présence de souches résistantes ?

Pour l'étude présentée ici, réalisée en 2022 et 2023, deux élevages des Pyrénées Atlantiques, co-transhumants dans la même estive pyrénéenne ont été sélectionnés. Un suivi de l'infestation parasitaire avec identification des espèces de nématodes a été mis en place dans un contexte de suspicion d'haemonchose résistante avant la montée en estive pour l'un des deux cheptels. L'objectif de ce suivi était d'observer l'évolution naturelle de l'infestation parasitaire avant, pendant et après l'estive, d'explorer d'éventuels accès cliniques de strongylose digestive en estive, de comparer les communautés parasites entre animaux de deux élevages différents mais fréquentant la même estive et enfin, de caractériser l'évolution des *H. contortus* résistants et la potentielle diffusion des résistances pendant l'estive.

C. Matériels et méthodes

1. Présentation des élevages suivis

- a) Exploitation du lycée agricole et technologique d'Oloron Sainte Marie : situation initiale avant la mise en place du suivi

Le lycée agricole d'Oloron Sainte-Marie dans le Haut Béarn abrite une exploitation orientée ovin lait ainsi qu'un petit atelier bovin allaitant. L'exploitation s'étend sur 45 ha de prairies permanentes et 120 ha d'estive.

L'atelier ovin dénombre 500 brebis laitières de race basco-béarnaise qui produisent un lait destiné à la production de fromage AOC Ossau-Iraty. Les agnelages ont lieu à partir du 20 octobre. Les agneaux restent avec les mères pendant un mois, nourris au lait de leur mère, et sont vendus à un poids de 12 kg pour la filière "agneaux de lait des Pyrénées". Les brebis sont alors traitées deux fois par jour, à partir d'un mois post-agnelage. La production laitière journalière individuelle est de 2,6 kg en début de lactation pour une moyenne de 1,8 kg de lait sur la campagne. L'exploitation possède un atelier de transformation sur site, où le lait est transformé chaque matinée. Le troupeau produit 100 000 kg de lait avant le départ en estive ce qui permet à l'exploitation de transformer 85% du volume pour produire 3 000 tommes de fromage de 4,5 kg (educagri.fr, article de Hervé Longy et Emmanuelle Zanchi, Réso'them, 2022).

Le départ en estive a lieu à la fin du mois de mai ou début juin : après un voyage en camion vers la vallée d'Ossau, les brebis réalisent une ascension de trois heures vers le col, pour enfin accéder à la vallée du Soussouéou.

Cet élevage ovin laitier était déjà suivi par le service de parasitologie de l'ENVT dans le cadre d'une suspicion de résistance aux anthelminthiques. En effet, au cours de l'estive 2021 des signes évocateurs de strongylose digestive ont été relevés par le berger et les traitements à l'éprinomectine effectués ne semblaient pas améliorer réellement la situation. Entre le 10 et le 20 juillet 2021, lors du changement d'estive, des antenaises montraient des signes de faiblesse et mourraient très rapidement si elles n'étaient pas traitées rapidement à la moxidectine. Des prélèvements coprologiques ont été réalisés en décembre afin d'effectuer une identification des parasites présents post test d'efficacité, ce test ayant pour but d'observer l'efficacité de l'éprinomectine sous 3 formes galéniques ainsi que celle de la Cydectine® orale.

b) "Exploitation A"

La seconde exploitation agricole de l'étude sera par la suite appelée "A". Cette exploitation béarnaise compte 240 brebis basco-béarnaises et environ 50 agnelles. L'éleveur transforme lui-même le lait toute l'année pour la fabrication de fromage fermier.

La mise à la reproduction a lieu fin mai avec une centaine d'IA puis l'introduction des béliers dans le troupeau pour un agnelage de fin octobre à fin décembre. Les agnelles sont inséminées en août et leur mise bas est en février pour un premier agnelage à 1 an. Le troupeau est trait de début décembre jusqu'au 10 août environ, estive comprise.

L'élevage disposait auparavant de 12 ha de pâtures pour le printemps et davantage en automne grâce à des ententes avec d'autres exploitations. Cependant depuis 2022 la surface de pâturage de printemps n'est plus que de 7ha. L'objectif jusqu'à présent était de profiter au maximum du pâturage pour avoir un lait de qualité et pour pallier le manque de fourrage pour la période en bâtiment. Ainsi la mise à l'herbe se fait habituellement en février, le plus rapidement possible, et la rentrée en bâtiment est aux alentours du 25 décembre. La période en intérieur strict est donc de 2 mois maximum. Le pâturage est complété par l'estive de juin à septembre.

Aucun problème de parasitisme n'était à déclarer avant 2022. Les traitements antiparasitaires étaient alors très limités : un traitement systématique à la moxidectine fait à l'automne autour du tarissement, des traitements en lactation occasionnels notamment un traitement à l'éprinomectine fait sur tout le troupeau en 2019.

c) "Exploitation B" et "C"

Les élevages B et C sont deux cheptels de brebis basco-béarnaises du Haut-Béarn. Typiques de la région, ce sont des brebis produisant un lait pour la fabrication du fromage AOP Ossau-Iraty, pratiquant la transhumance. D'une taille inférieure à l'élevage A, ces deux troupeaux sont mélangés depuis plusieurs années pendant l'estive. Jusqu'à 2021, l'estive était partagée entre le troupeau A, B et C, c'est pourquoi il nous a semblé pertinent d'évaluer succinctement l'impact du parasitisme dans ces

deux élevages. Avant le démarrage de l'étude nous ne détenions aucune information sur l'importance du parasitisme sur ces deux cheptels.

2. Présentation de l'estive

L'estive au cœur de notre étude est un territoire de 120 ha. La température moyenne est de 8,7 °C à Laruns-Artouste sur l'année avec de fortes variations selon les saisons. Cette estive, principalement ovine, est composée de deux parties :

- La vallée du Soussouéou : vallée glaciaire à 1400 m d'altitude
- Une partie plus haute appelée Séous, à 1800 - 2000 m d'altitude, réservée à la deuxième période de l'estive (à partir de mi-juillet)

La période d'estive est de début juin à début septembre. Les brebis y sont traitées jusqu'au tarissement, autour du 10 août. La transhumance est collective, ainsi plusieurs élevages partagent cette estive (tableau 11) :

- Historiquement, l'estive était partagée par 3 élevages ovins laitiers : les élevages "A", "B" et "C". Ce fut ainsi jusqu'en 2018.
- A partir de 2019, l'élevage du lycée agricole d'Oloron s'est ajouté aux trois précédents.
- En 2021, l'élevage "C" a fortement réduit son activité et a gardé seulement une quarantaine de brebis, en pension le temps de l'estive avec les animaux de l'élevage "B".
- A la fin 2021, il a été décidé de découper la zone d'estive à 1400m d'altitude en deux parties distinctes et de séparer les troupeaux avec d'un côté l'élevage du lycée agricole et le "A", et de l'autre côté l'élevage "B" avec quelques brebis en pension appartenant à l'élevage "C".

	Avant 2019	2019 - 2020	2021 - 2024
Estive 1 : Soussouéou (1400m)	A	A	A
	B	B	Lycée agricole
	C	C	B
		Lycée agricole	C
Estive 2 : Séous (1800 - 2000m)	A	A	A
	B	B	
	C	C	Lycée agricole
		Lycée agricole	

Tableau 11: Répartition des différents élevages dans les 2 estives de l'étude au cours de ces dernières années. D'après les informations collectées pendant l'étude auprès des différents élevages.

La situation en 2022 pour notre suivi était la suivante : l'élevage du lycée agricole et l'élevage "A" transhument ensemble et partagent les mêmes pâtures, c'est pourquoi nous avons centré notre étude sur ces deux cheptels.

La traite des brebis est continuée en estive, jusqu'au tarissement, avec une transformation du lait sur place pour la fabrication d'un fromage fermier de montagne. De plus, la présence de l'ours dans les Pyrénées oblige le berger à être accompagné de plusieurs chiens et à rapatrier le troupeau dans des parcs spécifiques toutes les nuits.

3. Dates de prélèvement

Le protocole a consisté à suivre 30 brebis primipares et 30 brebis adultes sur toute la saison d'herbe 2022 et 2023. Les mêmes animaux, identifiés par marquage colorés et listés à l'aide de leur numéro d'identification, ont été prélevés à chaque fois.

L'objectif était de faire un suivi de l'infestation parasitaire sur la période de pâturage, les prélèvements coprologiques étaient prévus sur ces 60 individus dès le mois de mars (à la mise à l'herbe) puis à peu près toutes les 4 semaines. Le calendrier initialement prévu de 2022 est illustré dans la figure 9.

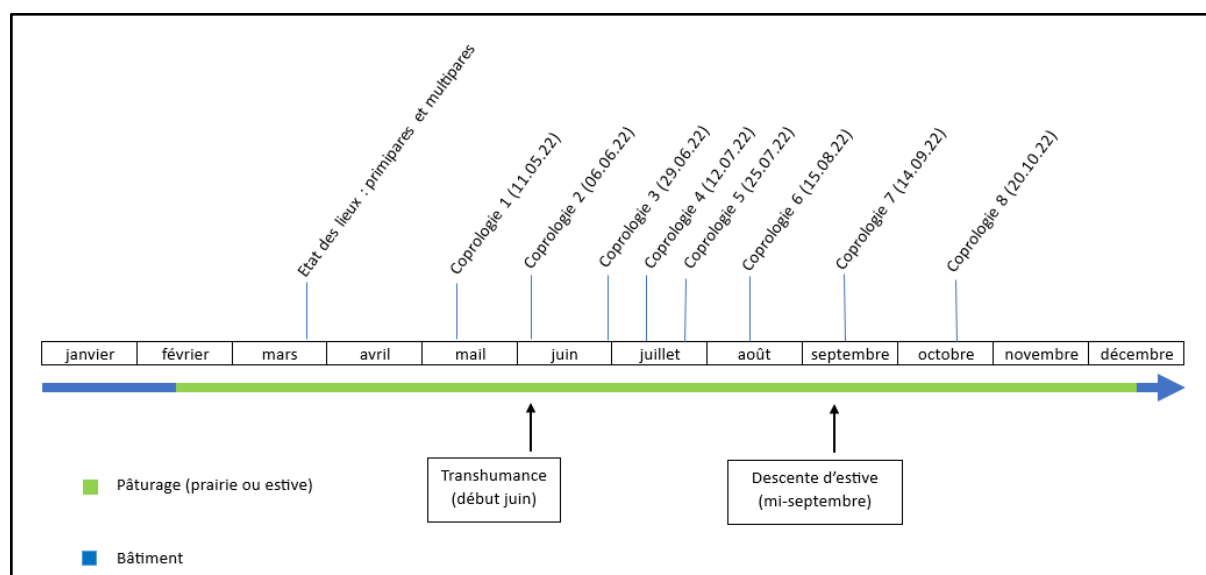


Figure 9 : Calendrier prévisionnel des manipulations de l'étude sur le cheptel du lycée agricole en 2022.

Un état des lieux de l'infestation parasitaire était prévu au début de la période de pâturage afin d'évaluer le niveau de parasitisme global avec des analyses coprologiques en mélange sur deux lots : primipares et multipares.

Une analyse coprologique avant la montée en estive, correspondant à la coprologie 1 de la figure 9, était planifiée autour du 11 mai pour pouvoir faire la différence entre la pâture et l'estive. Puis, cinq analyses coprologiques devaient se succéder tout au long

de l'estive. Enfin, à la descente de l'estive une dernière analyse devait être effectuée le 14 septembre. Une toute dernière analyse était éventuellement envisagée autour du 20 octobre, juste avant les mises-bas.

Pour les 9 sessions de prélèvements, une analyse de comptage de l'excrétion d'œuf, une mise en coproculture et l'identification des larves étaient prévues.

De plus, des mesures de NEC ont été réalisées par un technicien agricole dans le cadre du projet So Perfect au cours de l'année 2022 selon la grille de Russel (1984) afin d'évaluer l'évolution de l'état corporel des brebis (primipares et multipares) du lycée agricole d'Oloron Sainte Marie.

4. Techniques employées

a) Prélèvements

Les prélèvements de fèces ont été réalisés *per rectum*, avec des gants, de manière individuelle, conditionnés individuellement, identifiés avec le numéro de travail de la brebis et conservés dans une glacière avec des blocs de glace. De plus, les numéros des brebis prélevées étaient répertoriés sur une liste afin de les retrouver au prochain prélèvement.

Les prélèvements ont été réalisés par le chef d'exploitation du lycée agricole, par le docteur Sophie Jouffroy ou par moi-même, tous selon les mêmes critères de réalisation.

b) Analyses coprologiques

Un fois les échantillons de matières fécales acheminés à l'ENVT, les analyses coproscopiques étaient réalisées dans un délai maximal de 24h. En attendant l'examen, les échantillons étaient conservés au réfrigérateur.

L'analyse était réalisée avec 3 grammes de fèces de manière individuelle, chaque animal avait ainsi son propre résultat d'excrétion fécale. La méthode de lecture utilisée était la méthode MacMaster (description précise en partie I.G.2.a)).

c) Coprocultures

Tous les échantillons ont été mis en culture par lots, permettant d'avoir des larves L3 représentants chaque lot. La méthode de coproculture a été détaillée précédemment.

d) Identifications des larves

L'identification des larves 3 a été réalisée selon au moins une des trois méthodes suivantes, parfois deux méthodes ont été utilisées pour la même série de prélèvements :

- au microscope sur des critères morphologiques et morphométriques selon la clé de Knoll et al. 2021,
- par qPCR selon la méthode de Milhes et al., 2017 au tout début de l'étude,
- par séquençage haut débit (méthode du Némabiome) selon Avramenko et al., 2015 pour les suivis de 2022 et 2023.

e) Identification des résistances

Des tests de réduction de l'excrétion fécale ont été réalisés selon le calcul de Coles (1992) avec deux lots de dix animaux : un lot traité et un lot contrôle. De plus, tous les traitements anthelminthiques administrés, même en dehors des FECRT, ont été suivis d'analyse coprologique de contrôle.

f) Analyse statistique et présentation graphique

Pour l'analyse statistique descriptive et comparative nous avons utilisé le logiciel RStudio®. Les graphiques ont été générés sur Rstudio® et Excel®.

Une ANOVA à un facteur a été faite sur les données répétées que représentent les moyennes des coprologies individuelles à chaque point de prélèvement. L'ANOVA a donc été écrite sous la forme d'un modèle linéaire. Les OPG, variable réponse, ont été transformés en racine cubique pour corriger la non linéarité des données. La date de prélèvement a été utilisée en effet fixe et le numéro des brebis en effet aléatoire. Pour estimer les différences significatives entre les valeurs d'œufs par gramme (OPG) des différents points de prélèvement, nous avons fait un test Post-Hoc de Tukey.

Les valeurs moyennes de coproscopies en données non répétées ont été comparées en utilisant le test non paramétrique de Wilcoxon.

D. Résultats

1. Réalisation du protocole de terrain

a) Changement de dates de prélèvement

Le calendrier de prélèvement a été modifié suite à la survenue d'un épisode d'haemonchoses massive en estive pendant l'été 2022. Les coprologies 1, 2 et 3 ont été réalisées aux dates prévues, par contre, la coprologie 4 n'a pas pu être réalisée car entre temps, le berger a observé de la mortalité début juillet 2022, surtout chez les primipares : cela commençait par un individu qui marchait à l'arrière du troupeau en journée, qui semblait faible le soir et qui mourrait le lendemain. Cette mortalité rapide a fortement inquiété les éleveurs, et il a été décidé de traiter tout le troupeau, multipares et primipares, du cheptel du lycée agricole et de l'élevage "A" avec de la Cydectine orale®.

Suite à ce traitement en estive, les coproscopies prévues initialement en juillet et août perdaient leur sens en raison de la rémanence de la moxidectine orale, donc l'analyse suivante a été faite juste après la descente d'estive, le 14 septembre 2022 (coprologie N°7 de la figure 9).

La figure 10 présente le calendrier des interventions réellement appliqué en 2022 :

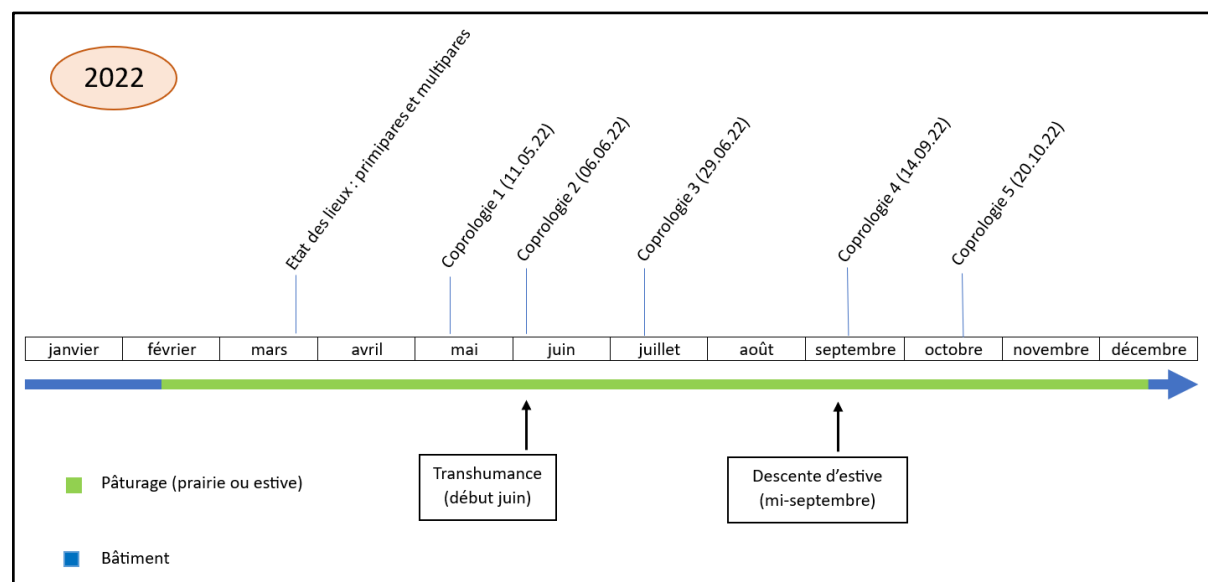


Figure 10 : Calendrier réellement appliqué des manipulations de l'étude sur le cheptel du lycée agricole en 2022.

b) Suivi appliqué pour l'élevage A

Concernant l'exploitation A, nous avons finalement effectué 4 prélèvements en 2022 (figure 11).

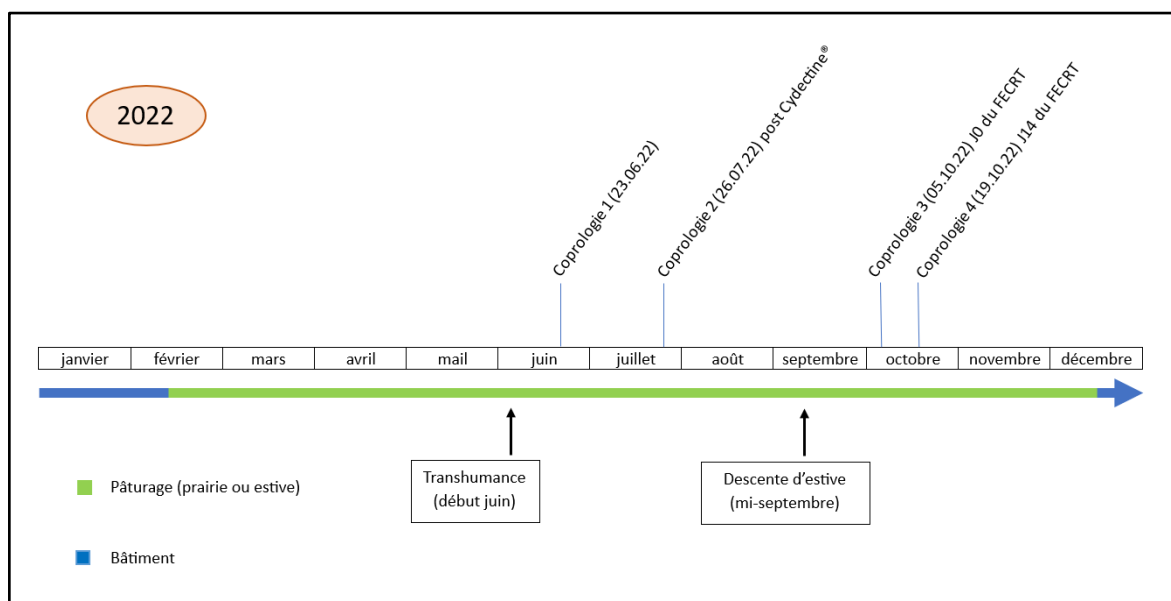


Figure 11 : Calendrier des prélèvements coprologiques dans l'élevage A en 2022.

c) Poursuite en 2023 au lycée agricole et dans l'élevage A

Pour l'élevage du lycée agricole, nous avons poursuivi le travail l'année suivante. En 2023, des analyses coprologiques et identification des larves ont été réalisés aux dates citées sur la figure 12.

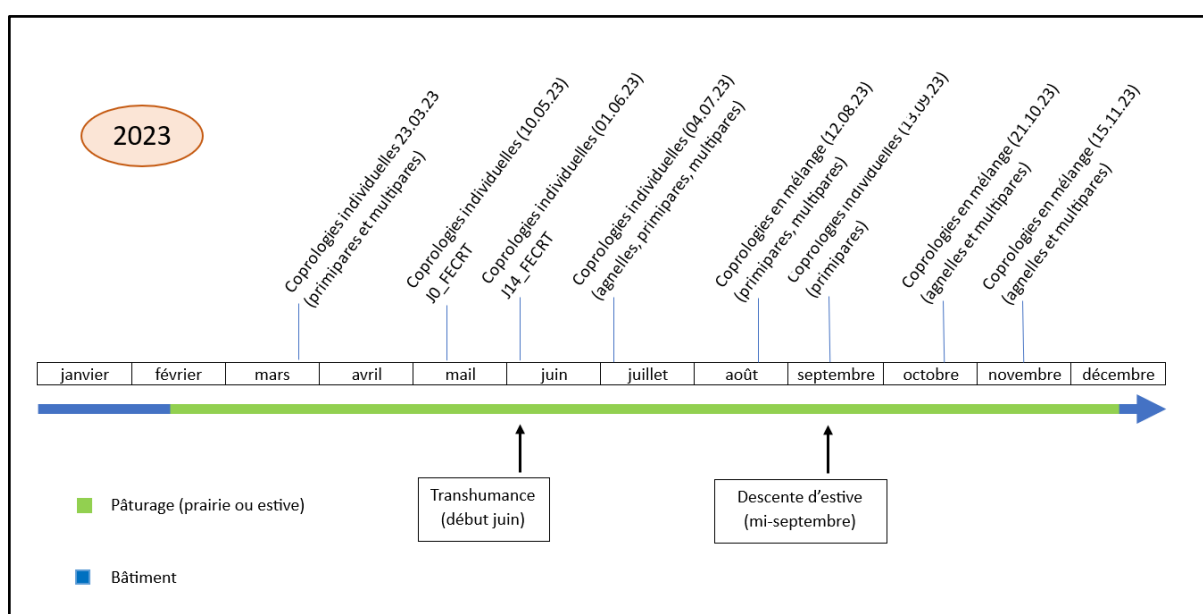


Figure 12 : Calendrier des analyses coprologiques en 2023 sur le cheptel du lycée agricole.

Concernant l'élevage A, nous avons quelques données en 2023, nous avons donc trois résultats coproscopiques (Figure 13).

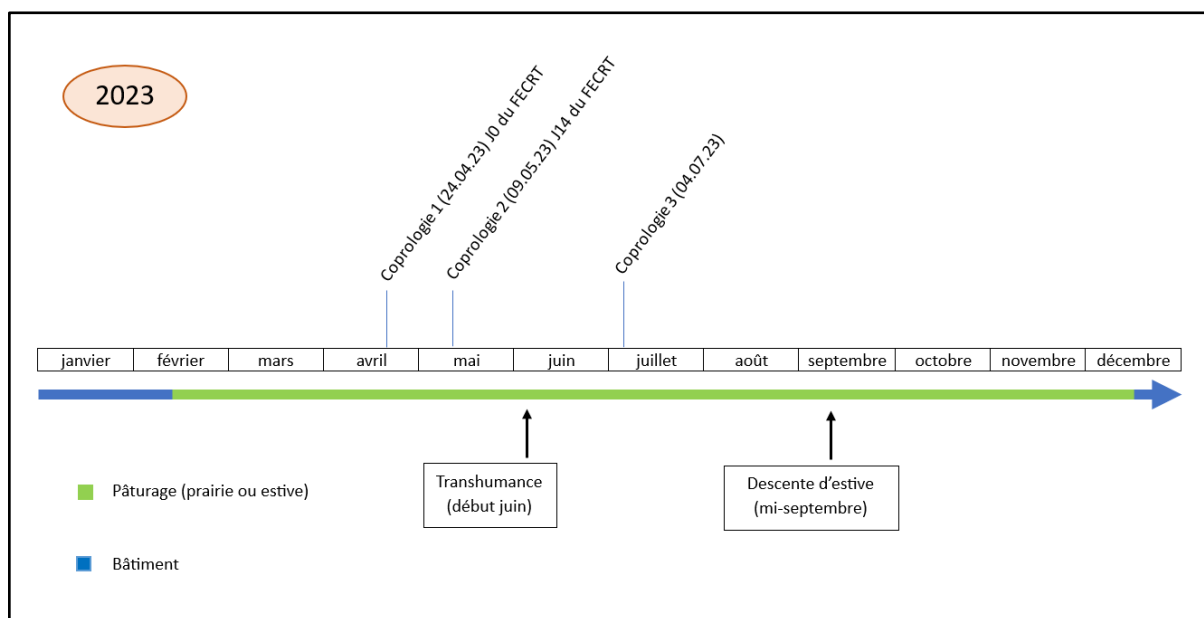


Figure 13 : Calendrier des prélèvements coprologiques dans l'élevage A en 2023.

2. Données coproscopiques

a) Lycée agricole d'Oloron Sainte Marie

En 2022 :

Evolution des OPG au cours du temps :

Les coproscopies nous ont permis d'établir, pour le cheptel du lycée agricole l'évolution des intensités d'excrétion d'œufs au cours du temps (Figure 14). La différence des OPG au cours du temps est significative (ANOVA). L'excrétion moyenne du troupeau augmente significativement l'été pendant l'estive : les OPG du 29 juin sont significativement supérieurs ($p < 0,05$) à ceux du 11 mai et du 6 juin (test Post-Hoc de Tukey).

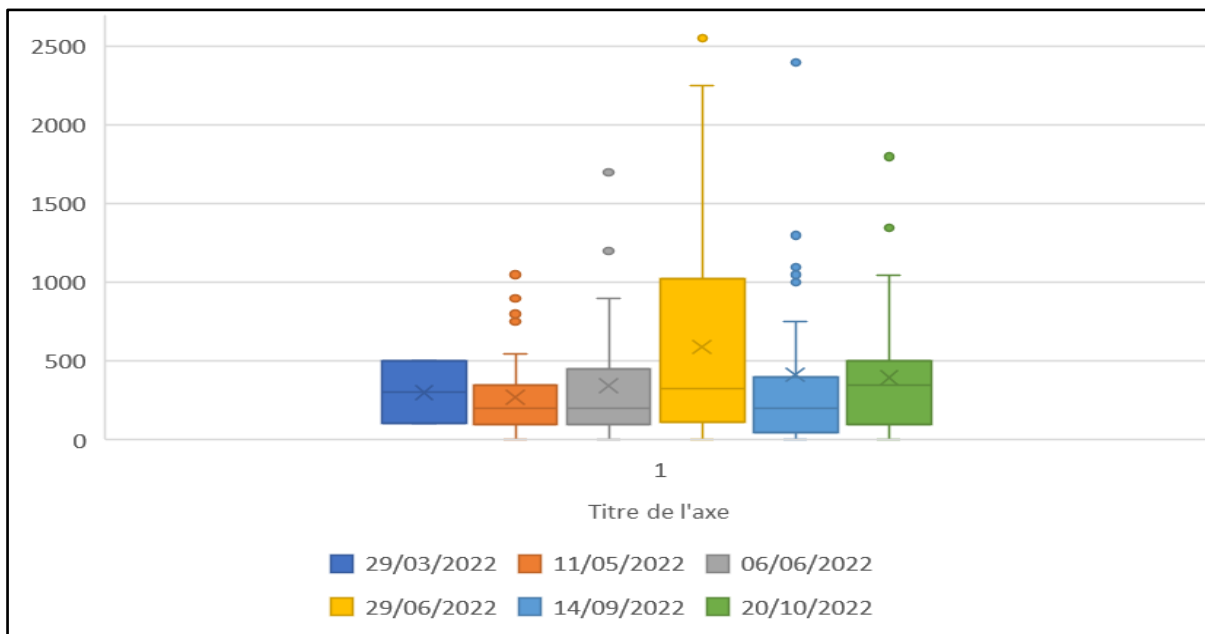


Figure 14 : Evolution de la l'excrétion d'œufs de SGI du troupeau au fil du temps sur le cheptel du lycée agricole (opg en ordonnée, dates en abscisse).

Evolution des OPG selon la parité :

Nous avons comparé les variations des OPG moyens des multipares et des primipares (Figure 15). Pour les primipares, les OPG du 29 juin sont significativement ($p < 0.05$) différents de toutes les autres dates alors que pour les multipares aucune différence significative n'est observable au cours du temps. Au pic du 29 juin, les OPG des primipares sont significativement supérieurs à ceux des multipares (test non paramétrique de Wilcoxon).

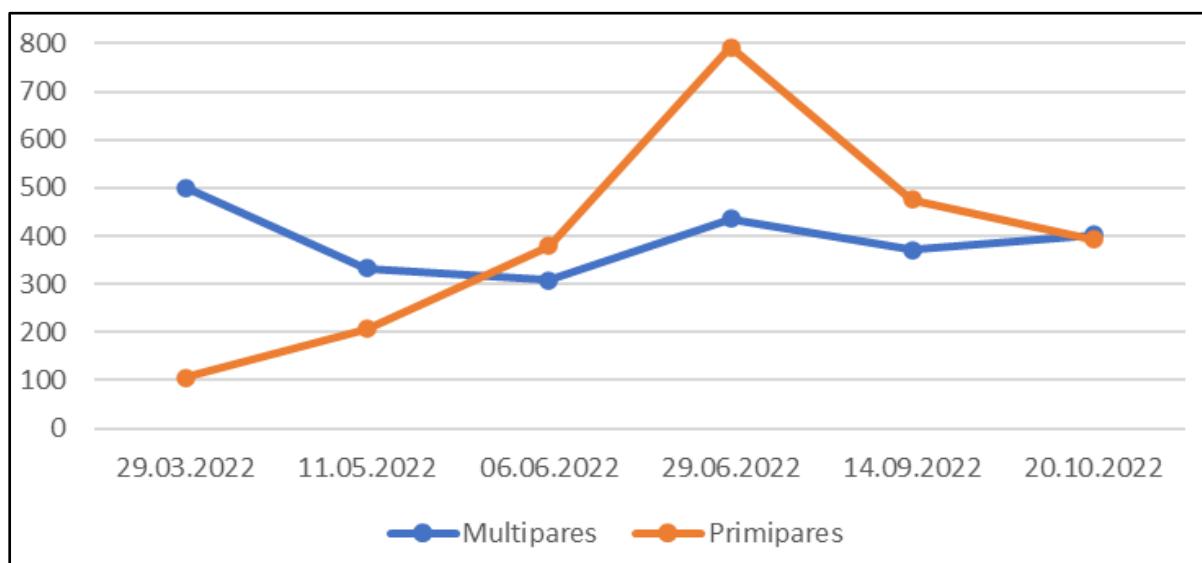


Figure 15 : Comparaison de l'évolution de la charge parasitaire des primipares et multipares au fil du temps sur le cheptel du lycée agricole (opg en ordonnée, dates en abscisse).

Evolution des OPG des faibles et fortes excrétrices au cours du temps :

Par ailleurs nous avons souhaité observer la dynamique d'évolution de l'intensité d'excrétion fécale d'œufs des brebis qui étaient les plus fortes ou faibles excrétrices à la première analyse (Figure 16). Nous avons alors collecté les données d'excrétion de 10 primipares et multipares hautes excrétrices et faibles excrétrices, soit 40 individus au total. En observant seulement les multipares, on remarque que la courbe des plus fortes excrétrices, comme celle des faibles excrétrices, est relativement stable au cours du temps. Il n'y a pas de variation significative (test de Wilcoxon) au cours du temps sur les courbes des multipares, excepté concernant la baisse d'octobre pour les multipares initialement fortes excrétrices.

Pour les primipares en revanche, la fluctuation d'excrétion est plus marquée au cours du temps avec un pic au 29 juin pour les fortes excrétrices, celui-ci correspond à la période en estive où les antenaises commencent à montrer des signes cliniques graves. Pour les faibles excrétrices, l'excrétion augmente de manière significative entre le 11 mai et tous les autres points de prélèvements sauf celui d'octobre. Pour les fortes excrétrices, seules les valeurs de juin sont significativement augmentées par rapport à mai. Cependant il est à prendre en compte que pour le mois de juin, la différence entre les primipares fortes et faibles excrétrices est significative (p -value = 0.02).

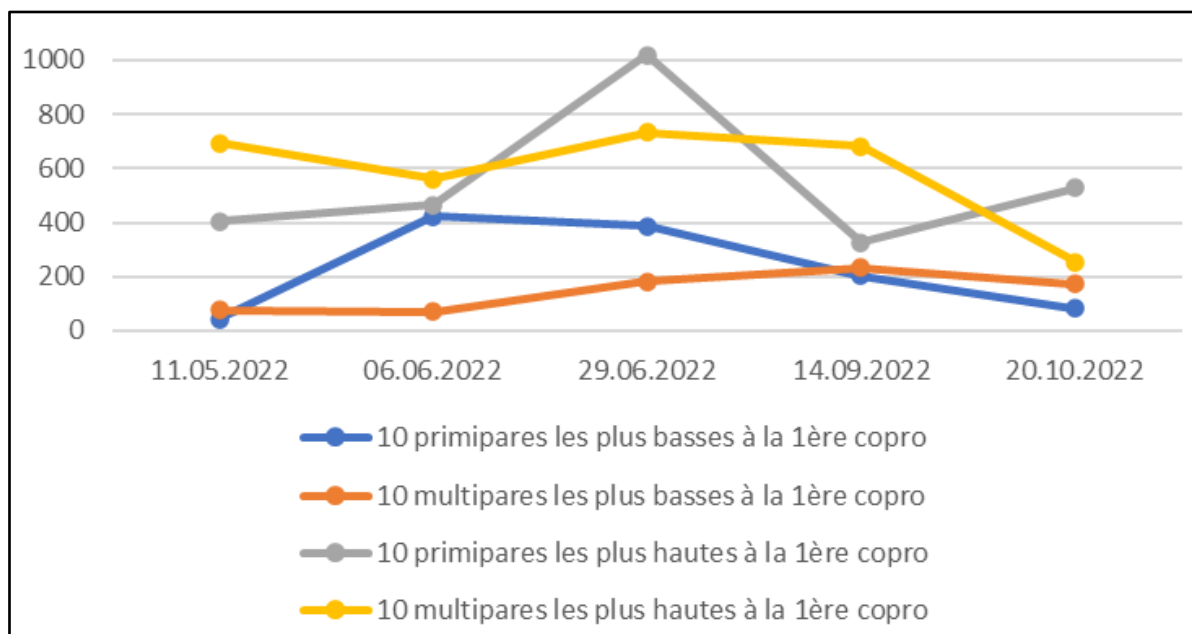


Figure 16 : Evolution de la charge parasitaire des lots de primipares et multipares faibles et fortes excrétrices à la première coproscopie, au fil du temps sur le cheptel du lycée agricole (opg en ordonnée, dates en abscisse).

Lien entre OPG et NEC :

De la même façon, nous avons ensuite étudié la liaison entre les notes d'état corporel (NEC) des primipares et des multipares et l'excrétion d'œufs (Figure 17). Les dates indiquées sur la figure 17 correspondent aux dates des mesures NEC, les

prélèvements coprologiques n'ont pas nécessairement été réalisés le même jour donc nous avons utilisé la valeur d'OPG la plus proche à chaque fois. On constate les valeurs élevées d'OPG ne semblent pas être corrélées à des NEC basses. En effet, nous n'observons pas de tendance nette d'évolution des OPG en fonction de la NEC. Par exemple, pour la NEC de juillet, les primipares sont plus en état mais excrètent plus ; les multipares restent stables.

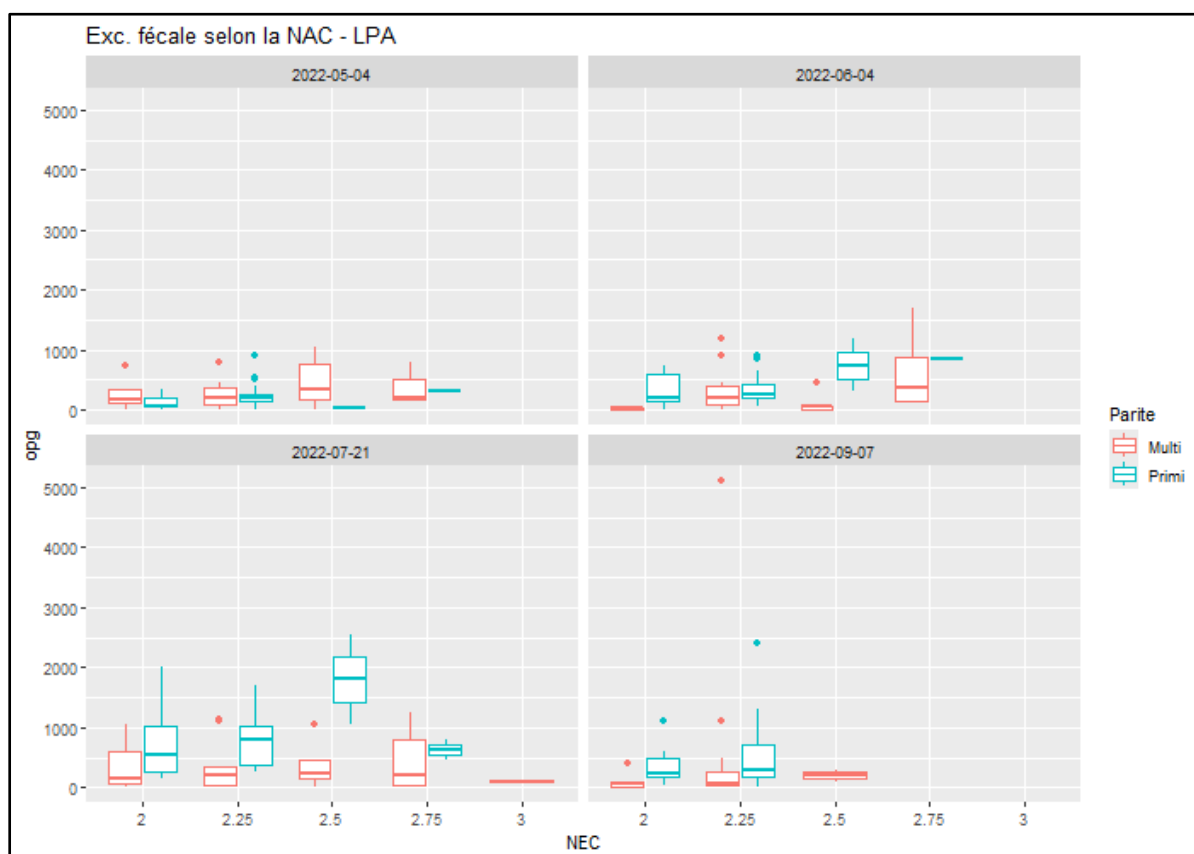


Figure 17: Evolution au fil du temps de l'excrétion d'œufs chez les primipares et les multipares selon la classe de NEC sur le cheptel du lycée agricole (opg en ordonnée, NEC en abscisse).

En 2023 :

Nous avons continué à effectuer des analyses coproscopiques en 2023 (Figure 18). Cette année-là, le 10 mai, les analyses ont révélé une moyenne du troupeau à environ 2340 OPG, ce qui a motivé la vérification de l'efficacité du traitement entre le 10 mai et le 1er juin. Ce traitement à l'albendazole (Valbazen®) ou moxidectine (Cydectine orale®) selon les lots explique donc la chute de l'excrétion 20 jours après. Le 12 août, l'excrétion moyenne est à 1300 OPG ce qui a justifié un traitement au closantel pendant le tarissement, expliquant la diminution de l'excrétion. Cette année-là, il n'y a pas eu de symptômes d'haemonchose en estive.

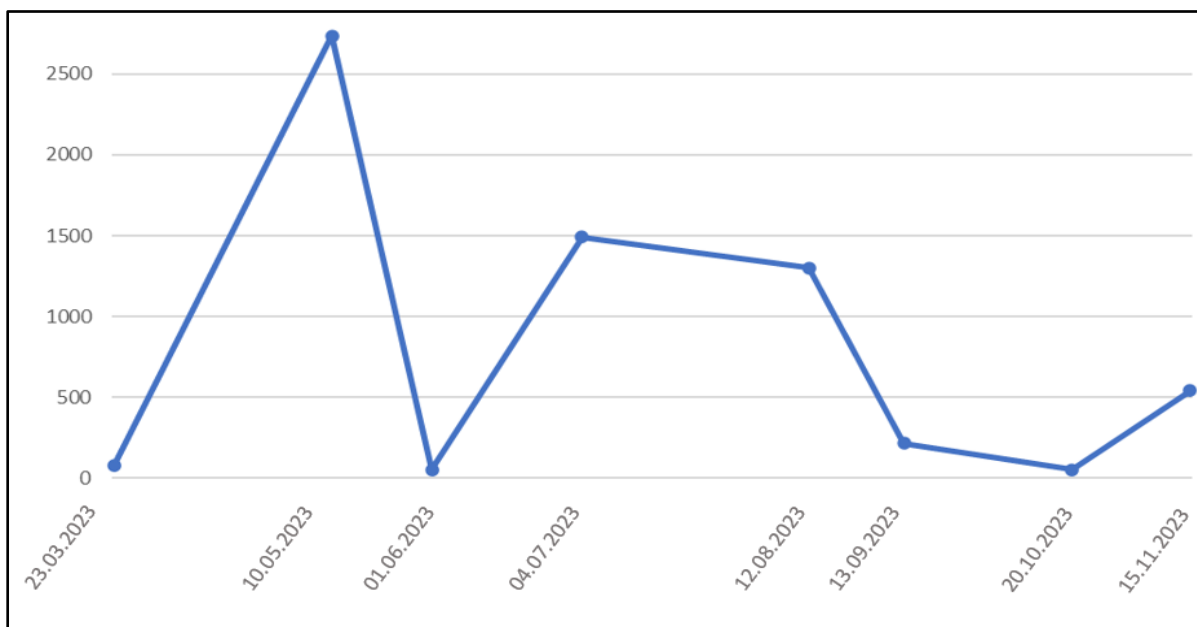


Figure 18 : Suivi de la charge parasitaire moyenne sur le troupeau du lycée agricole en 2023 (opg en ordonnée, dates en abscisse).

b) Elevage A

En 2022, un état des lieux a été réalisé via une analyse coprologique individuelle sur primipares et agnelles le 23 juin. L'analyse suivante a été réalisée le 26 juillet 2022 pour contrôler l'efficacité du traitement à la moxidectine sur tout le troupeau (Tableau 12). Et enfin en octobre 2022 un FECRT a pu être mis en place.

En ce qui concerne l'année 2023 nous disposons de deux analyses le 24 avril et le 4 juillet (Tableau 13).

	23/06/2022	26/07/2022
Primipares	5437.5	25
Multipares	150	0

Tableau 12 : Résultats coproscopiques dans l'élevage A en 2022, coprologies individuelles et valeurs en moyenne d'œufs par gramme pour chaque lot avec traitement anthelminthique le 10/07/22.

	24/04/2023	04/07/2023
Primipares	3350	2031
Multipares	5025	458

Tableau 13 : Résultats coproscopiques dans l'élevage A en 2023, coprologies individuelles mais valeurs en moyenne d'œufs par gramme pour chaque lot avec traitement anthelminthique le 24/04/23.

3. Efficacité des traitements

a) Lycée agricole d'Oloron Sainte Marie

En 2021 :

Des données de FECR de l'année précédant l'étude ont été relevées (Tableau 14). Concernant l'éprinomectine, trois formulations ont été évaluées :

- FECR de 51 % pour le lot Eprecis®, éprinomectine en injectable
- FECR de 28% pour le lot Eprinex Multi®, éprinomectine en Pour-on
- FECR de 71% pour le lot Eprinex Multi®, éprinomectine par voie orale

En 2021 les populations parasitaires étudiées sont résistantes à l'éprinomectine.

Concernant la moxidectine, le FECR obtenu pour la Cydectine 0,1%® est de 95% donc les populations parasitaires semblent sensibles à la moxidectine.

	Eprinomectine (injectable)		Moxidectine	
	FECR (%)	IC	FECR (%)	IC
Lycée agricole	51	[-17 ; 79]	96	[92; 100]

Tableau 14 : Résultats du test de réduction de l'intensité d'excrétion fécale post-traitement de décembre 2021 au lycée agricole (IC = intervalle de confiance).

En 2022 :

En 2022 aucun FECRT n'a été réalisé dans l'élevage du lycée agricole mais l'efficacité du traitement Cydectine® orale a été évaluée par coprologie individuelle 15 jours après et les résultats étaient corrects.

En 2023 :

Lors de la réalisation d'un FECRT il faut idéalement les analyses coprologiques réalisées à 14 jours d'intervalles mais en 2023, les disponibilités des différents acteurs nous ont obligés à réadapter le planning. Les coproscopies de contrôle ont été faites avec un peu de retard, à plus de 15 jours, et il n'y a pas eu de lot témoin. Ainsi nous avons effectué seulement des estimations de FECR pour la moxidectine et l'albendazole sur les brebis du lycée agricole (tableau 15). Les résultats se sont révélés supérieurs à 95% pour les deux molécules.

FECRT 2023	FECR (%) - Moxidectine	FECR (%) - Albendazole
Lycée agricole	99,7	96,8

Tableau 15 : Résultats du FECRT de mai 2023 dans le cheptel du lycée agricole avec J0=11.05.23 et J14=1.06.23.

b) Elevage A

L'efficacité du traitement Cydectine orale® a été évaluée en faisant des analyses coprologiques individuelles sur 15 individus (tableau 16), 16 jours post-traitement soit le 26 juillet. Le résultat a été très satisfaisant mais l'absence de lot témoin ou d'analyse coprologique avant traitement, à J0, a empêché le calcul du FECR.

	Numéro	OPG
1	2080	0
2	02108	0
3	12007	0
4	12011	0
5	12012	0
6	12015	0
7	12019	0
8	12026	0
9	12029	50
10	12057	0
11	12079	0
12	12081	0
13	81018	0
14	99019	0
15	99224	0

Tableau 16 : Résultats coproscopiques (comptage des œufs de strongles uniquement) 16 jours post-traitement à la moxidectine par voie orale, en estive, sur 15 individus de l'élevage A, 26 juillet 2022.

Au cours du mois d'octobre 2022 nous avons évalué l'efficacité de la moxidectine et de l'éprinomectine. Les résultats ne sont pas très rassurants puisqu'aucun des deux FECR n'atteint 95%. Pour le lot traité à l'éprinomectine, on passe de 1240 OPG en moyenne à 940 OPG en moyenne post traitement (tableau 17) soit un FECR de -53% (tableau 18). Ce traitement n'a donc eu aucun effet sur la charge parasitaire. Pour le lot traité à la moxidectine, le FECR est de 91% donc même s'il est proche des 95% attendus, son efficacité est insuffisante.

	05/10/2022	19/10/2022
Lot témoin	620	616.5
Lot Cydectine®	725	48
Lot Eprecis®	1240	940

Tableau 17 : Résultats coproscopiques du FECRT d'octobre 2022 ans l'élevage A, coprologies individuelles mais valeurs en moyenne d'œufs par gramme pour chaque lot avec traitement anthelminthique le 05/10/22.

	Eprinomectine (injectable)		Moxidectine	
	FECR (%)	IC	FECR (%)	IC
Elevage A	-53	[-315 ; 27]	91	[75 ; 98]

Tableau 18: Résultats du FECRT d'octobre 2022 dans l'élevage A, J0=5/10/2022 et J14=19/10/2022.

En mai 2023, un test d'efficacité de l'albendazole et de la combinaison albendazole et moxidectine par voie orale a été réalisé. Cette année-là, les disponibilités des opérateurs ont fait que le calendrier habituellement utilisé pour un FECRT n'a pas pu être respecté. Nous avons donc considéré ces données comme des estimations. Ainsi il semble que les deux molécules aient été efficaces (tableaux 19 et 20). L'efficacité de l'éprinomectine n'a pas été évaluée puisque le FECRT a été réalisé l'année précédente et nous ne nous attendions pas à une réversion de la résistance observée.

	24/04/2023	09/05/2023
Primipares	3350	
Multipares	5025	
Lot Valbazen®		126
Lot Valbazen® + Cydectine®		449

Tableau 19 : Résultats coproscopiques dans l'élevage A en 2023, coprologies individuelles mais valeurs en moyenne d'œufs par gramme pour chaque lot avec traitement anthelminthique le 24/04/23.

	FECR (%) - Albendazole	FECR (%) - Moxidectine + Albendazole
Elevage A	96	95

Tableau 20 : Résultats du FECRT de mai 2023 dans l'élevage A, J0=24.04.23 et J14=9.05.23 avec traitement le 2.05.23.

4. Données d'identifications de larves

a) Lycée agricole d'Oloron Sainte Marie

En 2021 :

La figure 19 illustre les résultats de l'identification des espèces parasites lors du FECRT de 2021. Avant traitement, 0 à 29% des L3 présentes sont des larves d'*Haemonchus contortus*, mais cette espèce représente 100 % des L3 identifiées après traitement à l'éprinomectine par voie injectable et orale.

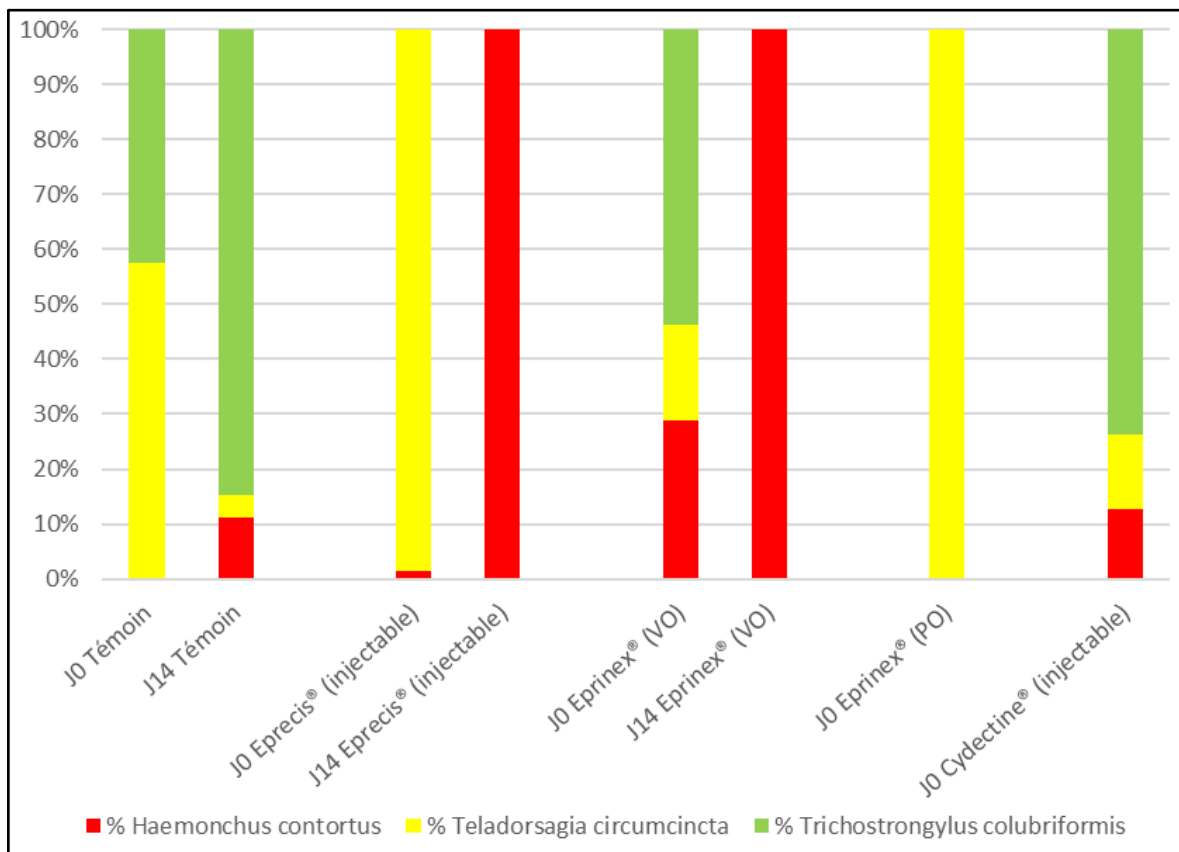


Figure 19 : Résultats d'identification des larves par qPCR au laboratoire de l'ENVT, analyse réalisée le 02.03.2022 sur les prélèvements coprologiques des brebis du lycée agricole d'Oléron, en décembre 2021, après coproculture.

L'absence de données à J14 post traitement à la Cydectine orale ® correspond à un traitement efficace et donc pas de larves à identifier à J14.

En 2022 :

La figure 20 illustre les résultats d'identification des larves L3 par observation morphologique au cours du suivi 2022. L'analyse du 30 mars a permis de faire un état des lieux de l'helminthofaune pour les multipares seulement : on a observé environ 50% d'*Haemonchus contortus* et 50% de *Teladorsagia circumcincta* ou *Trichostrongylus colubriformis*. Nous avons donc dès le début du suivi une faible diversité d'espèces présentes. On observe l'apparition des genres *Chabertia* et *Oesophagostomum*, strongles du gros intestin, surtout chez les multipares à partir de l'analyse du 9 juin qui correspond à l'analyse avant la montée en estive. Un traitement à la moxidectine a été effectué le 10 juillet sur tout le troupeau et on voit qu'il marque la transition d'une helminthofaune légèrement diversifiée à une large majorité d'*Haemonchus contortus*.

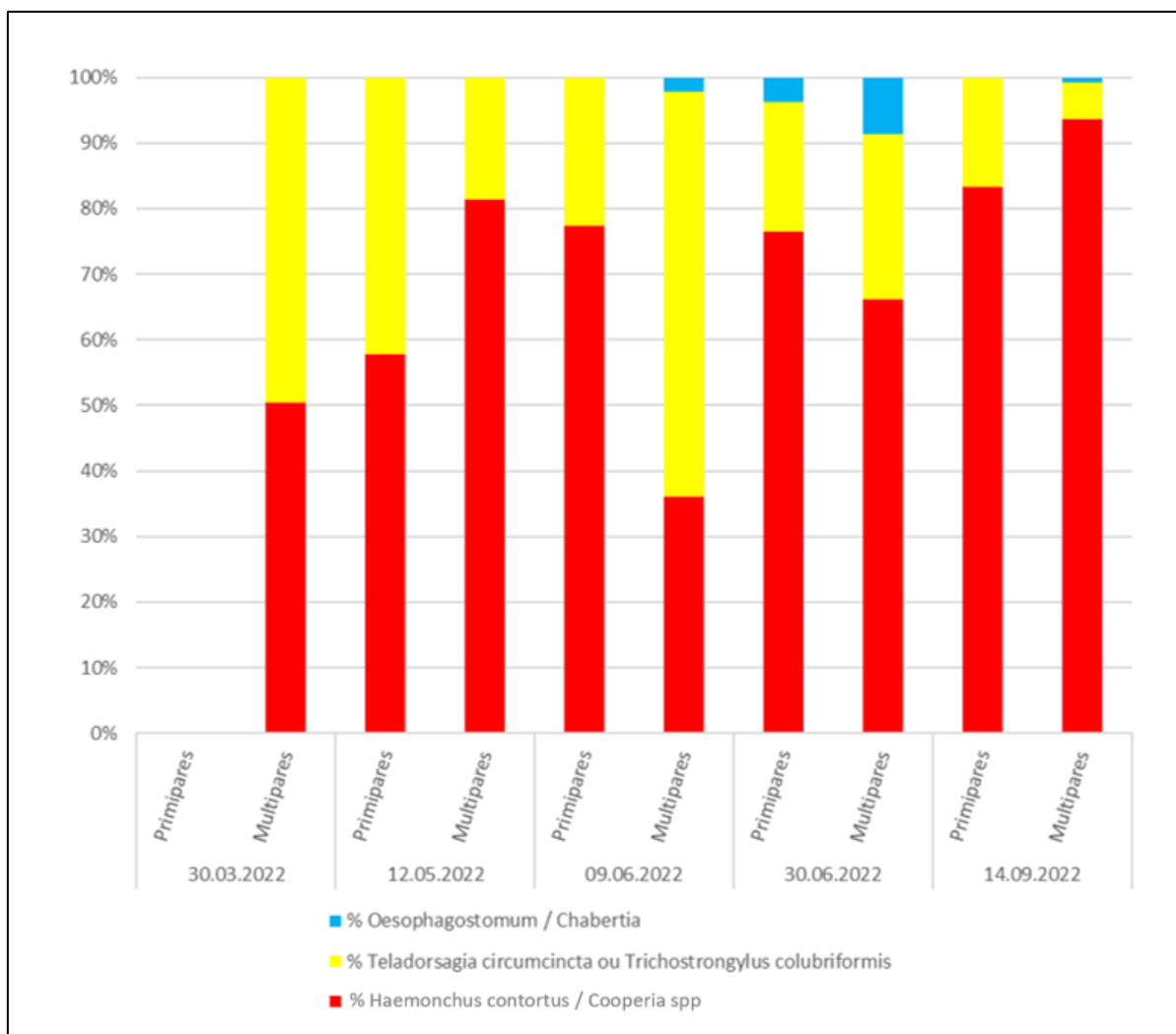


Figure 20 : Identification des larves L3 par observation morphologique au cours du suivi 2022, sur les primipares et multipares du cheptel du lycée agricole, lecture réalisée par le professeur Jacquet à l'ENVT.

Les identifications de larves en 2022 ont été réalisées en double par Nemabiome. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 21.

Dans l'ensemble les deux analyses s'accordent pour montrer une majorité d'*Haemonchus contortus* mais à certaines dates on note des différences, notamment lors du prélèvement de mai, les larves que nous avons identifiées comme des *Teladorsagia circumcincta/Trichostrongylus. colubriformis* étaient en fait des *Cooperia spp.* L'analyse du 30 juin sur les multipares est celle qui a retenu notre attention, en effet les larves identifiées comme *Haemonchus contortus* ont pu être confondues avec des *Cooperia spp.* puisque ce sont deux genres ont une queue de gaine moyenne.

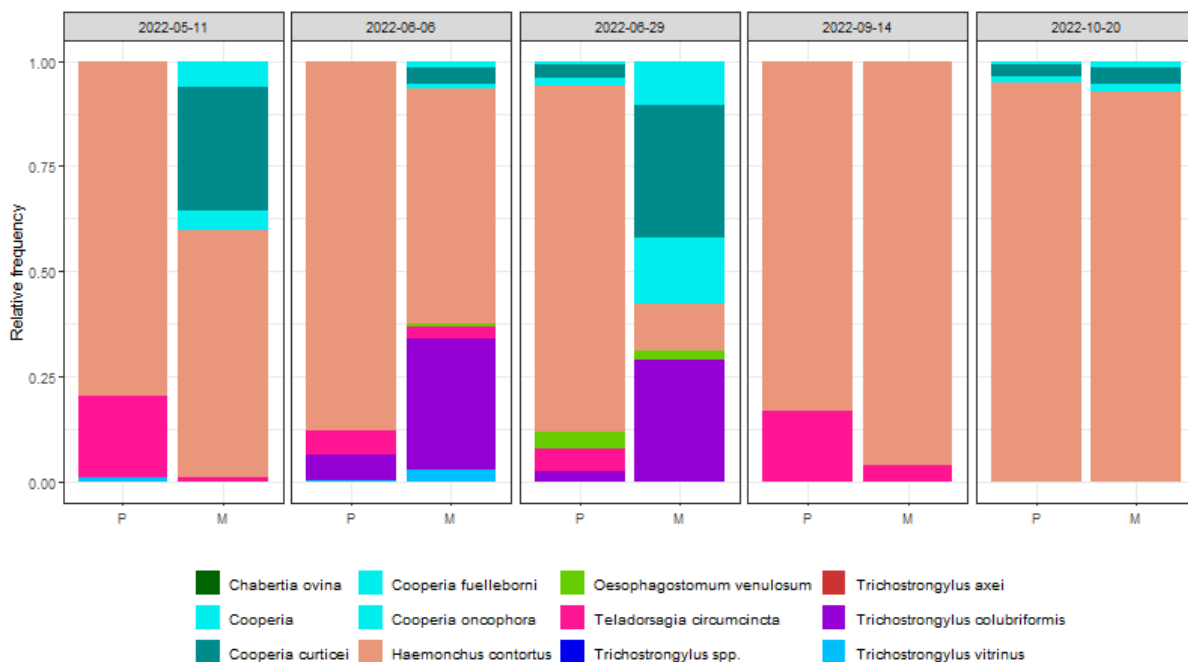


Figure 21 : Identification des larves L3 par Nemabiome, au cours du suivi 2022, sur les primipares et multipares du cheptel du lycée agricole (M pour multipares et P pour primipares).

En 2023 :

Les résultats d'identification morphologiques sont répertoriés dans la figure 22 sur lequel on observe un grand changement de l'helminthofaune entre août et septembre 2023. Ce changement s'explique par un traitement au Closantel après l'analyse coprologique d'août. *Haemonchus contortus* étant sensible à cette molécule, c'est *Teladorsagia circumcincta* et *Trichostrongylus colubriformis* qui dominent l'helminthofaune.

Pour ce qui est des résultats Némabiome (figure 23), ils nous ont permis d'observer une prédominance quasi constante de l'espèce *Haemonchus contortus* tout au long de l'année 2023 qui subit une rupture grâce au traitement du tarissement en août.

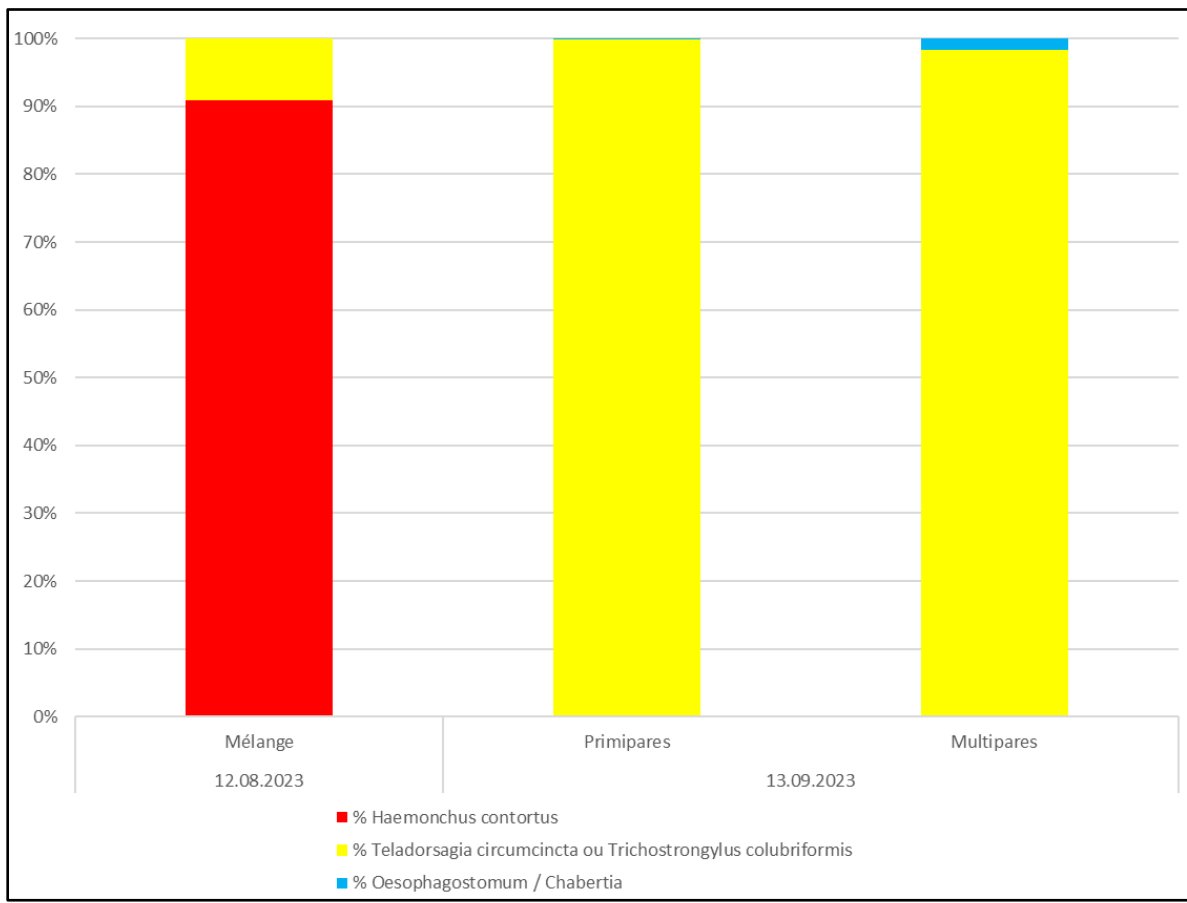


Figure 22 : Identification des larves L3 par observation morphologique au cours du suivi 2023, sur les primipares et multipares du cheptel du lycée agricole, lecture réalisée par le professeur Jacquet à l'ENVT.

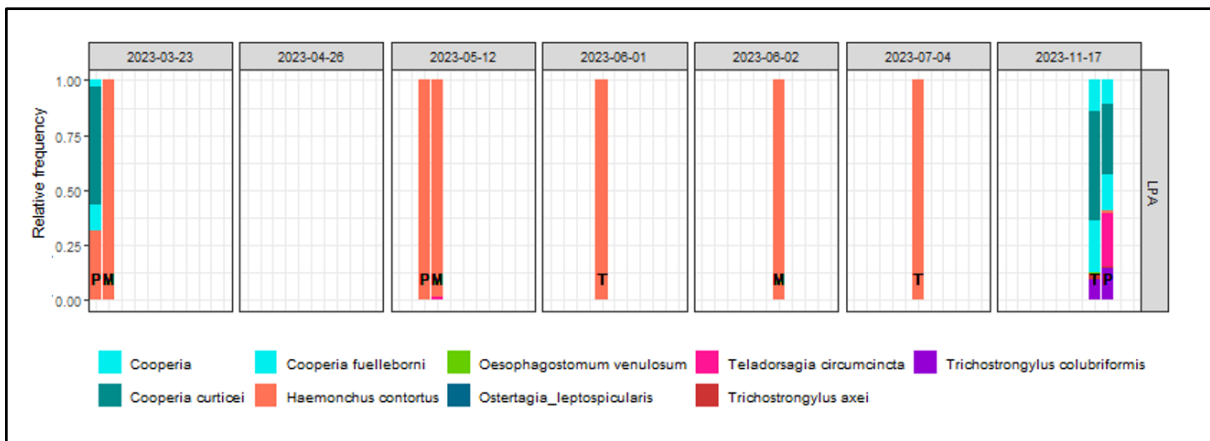


Figure 23 : Identification des larves L3 par Nemabiome, au cours du suivi 2023, sur les primipares et multipares du cheptel du lycée agricole (T pour troupeau, M pour multipares et P pour primipares).

b) Elevage A

En 2022 :

Cette année-là nous avons réalisé des identifications larvaires par observation des critères morphologiques (Figure 24). On observe une majorité d'*Haemonchus contortus* que cela soit en juin ou pendant le test d'efficacité en octobre. A J14 du FECRT l'espèce est largement majoritaire mais le nombre de larves issues de coprocultures et observées est faible pour le lot moxidectine.

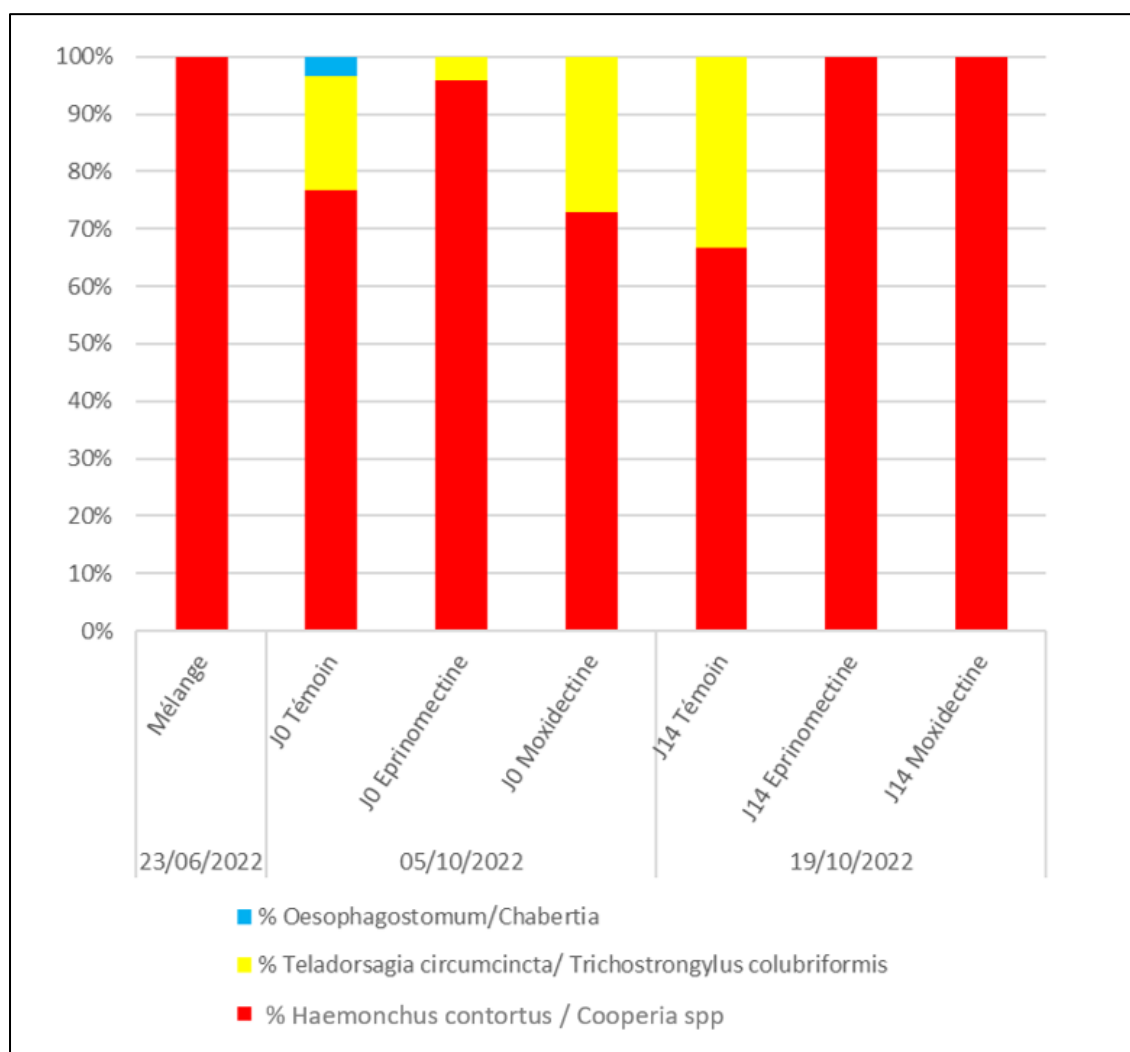


Figure 24 : Identification des larves L3 par observation morphologique au cours du suivi 2022, sur les brebis du cheptel de l'exploitation A, lecture réalisée par le professeur Jacquet à l'ENVT.

En 2023 :

Aucune identification morphologique n'a été réalisée dans l'élevage A cette année-là. Cependant des analyses Némabiome ont été effectuées (Figure 25), désignant encore une fois *Haemonchus contortus* comme étant l'espèce largement majoritaire en avril et en juillet 2023.

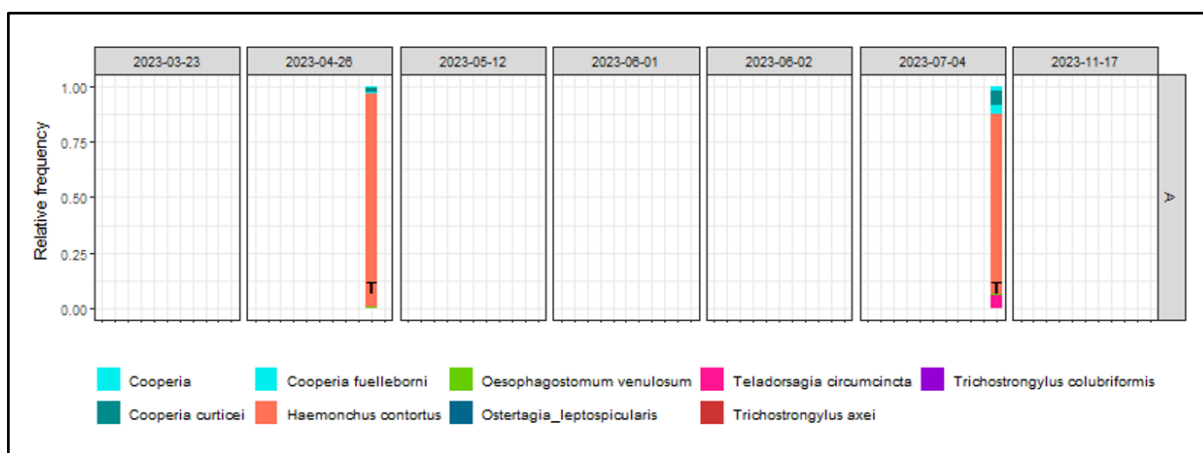


Figure 25 : Identification des larves L3 par Nemabiome, au cours du suivi 2023, sur le troupeau de l'élevage A (T pour troupeau).

5. Résultats dans les élevages B et C

Un test d'efficacité des anthelminthiques a été réalisé en octobre 2022 dans l'élevage B :

L'élevage B n'est pas habituellement suivi par l'ENVV donc nous ne disposons pas de données avant 2022. Une bonne efficacité des traitements à l'éprinomectine injectable et à la moxidectine par voie orale a été observée dans cet élevage (Tableau 21). Malgré l'absence de résistance, on remarque à l'identification des larves (Figure 26) que l'infime partie des parasites ayant survécu au traitement à l'éprinomectine sont des *Haemonchus contortus*. Il n'y a donc pas de problème réellement observé en octobre 2022, cependant il faudra surveiller une éventuelle évolution.

	Eprinomectine (injectable)		Moxidectine	
	FECR (%)	IC	FECR (%)	IC
Elevage B	99	[97 ; 100]	100	/

Tableau 21 : Résultats de test de réduction de l'excrétion fécale de l'élevage B en octobre 2022, analyses et calculs réalisés à l'ENVV.

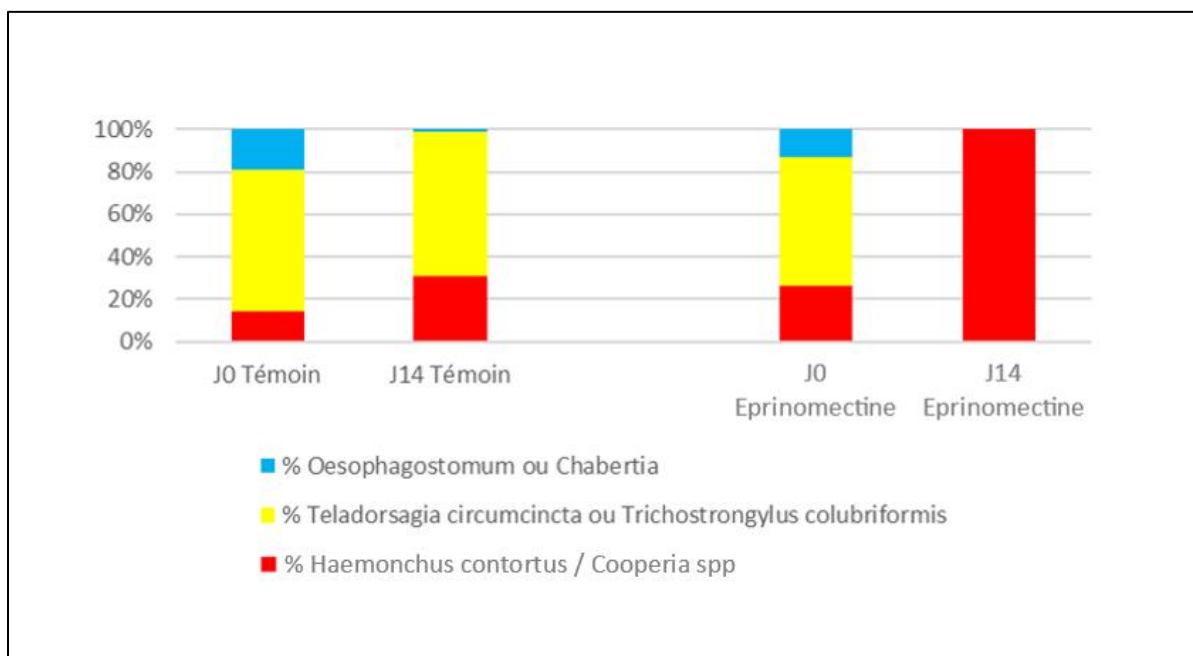


Figure 26 : Identification morphologique des larves lors du FECRT d'octobre 2022 dans l'élevage B, lectures réalisées par le professeur Jacquet à l'ENVT.

Enfin, un test d'efficacité des anthelminthiques a été réalisé en avril 2022 dans l'élevage C :

L'élevage C est très lié à l'élevage B car les cheptels sont mélangés pendant l'estive et parfois en plaine également. Un test de réduction de l'excrétion fécale a été réalisé en avril 2022 montrant un défaut marqué d'efficacité de l'éprinomectine (Tableau 22).

	Eprinomectine (injectable)	
	FECR (%)	IC
Elevage C	60	[52 ; 95]

Tableau 22 : Résultats de test de réduction de l'excrétion fécale de l'élevage C en avril 2022, analyses et calculs réalisés à l'ENVT.

De plus, des coprocultures et identifications de larves ont été effectuées permettant de constater que dans l'élevage C, l'espèce *Haemonchus contortus* prédomine fortement (Figure 27).

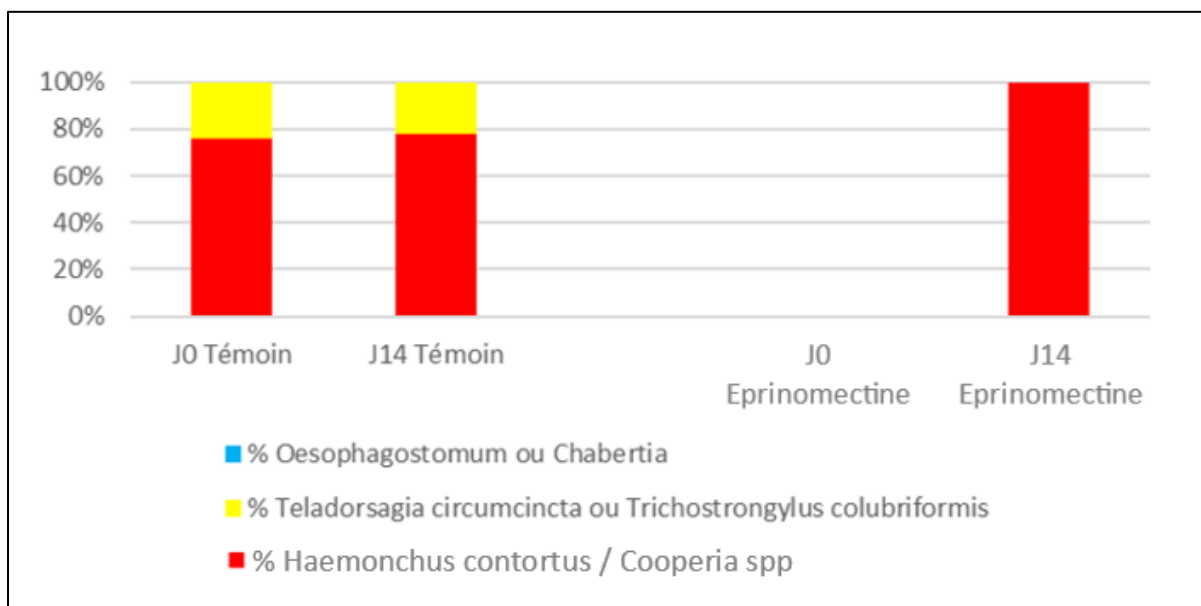


Figure 27 : Identification morphologique des larves lors du FECRT d'avril/mai 2022 dans l'élevage C, lectures réalisées par le professeur Jacquet à l'ENVT.

6. Recueil récapitulatif des traitements anthelminthiques effectués

Les pratiques de traitement citées précédemment ont été récapitulées ici sous forme d'un tableau (Tableau 23).

En 2022 et 2023, l'élevage du lycée agricole a traité les agnelles contre la moniezirose avec du praziquantel alors que l'élevage A n'a pas eu recours à ce traitement. Les agnelles du lycée agricole ont aussi reçu du levamisole en juin 2023. En 2023, un traitement avec du closantel est réalisé dans les deux élevages au moment du tarissement. Excepté une utilisation du lévamisole et du closantel, la plupart des traitements contre les strongles sont réalisés avec des lactones macrocycliques ou benzimidazoles sur l'ensemble du cheptel.

	Lycée agricole	Elevage "A"
2022	05.06.2022 : Cestocur® <i>per os</i> pour les agnelles	Début juin 2022 : Eprecis®, en sous cutané, pour tout le troupeau
	10.07.22 : Cydectine 0,1%® <i>per os</i> pour tout le troupeau	10.07.22 : Cydectine 0,1%® <i>per os</i> pour tout le troupeau
		Décembre 2022 (rentrée en bâtiment) : Cydectine 0,1%® <i>per os</i> pour tout le troupeau
2023	2.05.23 : Cydectine 0,1%® <i>per os</i> pour les adultes	2.05.23 : Valbazen® <i>per os</i> pour tout le troupeau
	2.06.23 : Biaminthic® et Cestocur® <i>per os</i> pour les agnelles	
	23.08.23 (tarissement) : Seponver® pour tout le troupeau	23.08.23 (tarissement) : Seponver® pour tout le troupeau
	Octobre/novembre/décembre 2023 : Cydectine® <i>per os</i> post agnelage sur tout le troupeau (échelonné au fil des agnelages)	

Tableau 23 : Récapitulatif des traitements anthelminthiques dans les exploitations du lycée agricole et l'élevage A en 2022 et 2023.

Discussion

Une bonne collaboration avec le lycée professionnel agricole d'Oloron Sainte Marie et l'élevage A a permis de suivre l'infestation parasitaire des brebis au cours de deux lactations. Le suivi a été d'autant plus pertinent qu'il s'est déroulé une année où le parasitisme est devenu un sujet d'inquiétude pour l'élevage A. Les résultats des tests d'efficacité de l'éprinomectine ont permis de suspecter le transfert d'*Haemonchus contortus* résistants entre les élevages, bien qu'en l'absence de marqueurs moléculaires ce soit difficile à prouver formellement. Le suivi a révélé une helminthofaune peu diversifiée avec une majorité d'*H. contortus* dans les élevages, mais avec des variations de proportions en fonction des traitements réalisés. Seul le closantel en 2023 au lycée agricole semble l'avoir totalement éliminé, il pourra donc aussi être envisagé pour traiter les haemonchoses mais en gardant à l'esprit que son écotoxicité est mal connue à ce jour.

En effet, en juin 2022, au début de la période d'estive, l'élevage A a connu un épisode d'haemonchose aiguë avec un niveau d'excrétion fécale d'œufs de strongles digestifs et des signes cliniques jamais observés auparavant. Les tendances globales d'excrétions parasitaires sont similaires entre les deux cheptels mais le pic d'excrétion a été plus précoce en 2023 (avril-mai) qu'en 2022 (juin). Contrairement à ce qui était attendu, nous avons observé une bonne efficacité des benzimidazoles ce qui pourrait être intéressant à l'avenir pour une utilisation parcimonieuse et raisonnée.

1. Protocole

Le choix des élevages à suivre a découlé d'une recherche d'un système d'estive le plus simple possible. Effectivement les mélanges de troupeaux rendent l'interprétation des suivis parasitaires de plusieurs cheptels co-transhumants assez complexe mais le modèle choisi s'est révélé très intéressant. Il a été relativement délicat de collecter toutes les informations précises sur le chemin exact parcouru par les brebis et tous les éventuels troupeaux croisés durant leur parcours. Le modèle suivi pour l'étude est pertinent mais ne représente pas forcément la majorité des autres systèmes d'estives. Il faudra donc prendre en considération ces éléments avant de tenter toute extrapolation à l'ensemble du territoire.

De multiples acteurs ont participé à cette étude, permettant la collecte de nombreuses données même si la mise en œuvre du protocole n'a pas été évidente puisqu'il a fallu faire face à des épisodes de parasitisme massif aboutissant à de la mortalité essentiellement sur les primipares. Dans une démarche de bien-être animal il a été nécessaire de traiter les animaux et donc, d'une certaine manière, de biaiser notre suivi de l'évolution de la charge parasitaire mais le traitement à la moxidectine orale début juillet 2022 a permis de montrer que les animaux sont descendus d'estive avec des communautés d'helminthes dominées par l'espèce *Haemonchus contortus* probablement déposée en début de pâturage d'estive.

Concernant les traitements anthelminthiques réalisés, il est à noter que le traitement Eprecis injectable® du mois de juin 2022 réalisé pour l'élevage A constitue un schéma « treat and move ». Ce traitement a donc potentiellement conduit à l'ensemencement des parcelles d'estive avec des souches d'*Haemonchus contortus* résistant à l'éprinomectine. Ce mode de conduite est commun dans beaucoup d'élevages estivant, d'autant plus dans le cadre de certains plans de lutte contre la gale puisqu'un traitement systématique type moxidectine ou doramectine peut être recommandé avant la transhumance dans certaines régions. Aussi commun puisse-t-il être, il pourrait avoir un effet de pression de sélection non négligeable sur l'helminthofaune en estive. Ainsi, avec les connaissances actuelles, il semble que ces traitements lors de la montée d'estive ne sont plus très pertinents.

Par ailleurs, tout ce suivi de l'infestation parasitaire est mesuré par analyse coproscopique. Ces analyses quantitatives ont pu être réalisées rigoureusement par des opérateurs expérimentés. On peut tout de même se questionner sur la pertinence de l'analyse coproscopique puisqu'on sait que l'excrétion des œufs des strongles digestifs dépend de la phase du cycle du parasite, elle dépend aussi de la sensibilité de l'hôte et de son statut (gravide, en période de mise-bas, etc...). Les résultats de l'analyse coprologique dépendent aussi de la densité des fèces, des composants utilisés pour la flottaison et du savoir-faire du technicien. Nous sommes conscients que cette méthode d'analyse n'est pas parfaite mais dans un cadre d'haemonchose omniprésente, nous avons peu de diarrhée donc peu de dilution des œufs dans les fèces. Nous avons alors fait le choix de la coprologie par flottaison au sel.

Concernant le protocole scientifique, nous avons retenu la formule de FECRT de Coles (1992) mais en 2023 il n'y a pas eu de lot témoin et le délai conseillé de 14 jours pour tester plusieurs familles anthelminthiques (Jacquiet, Fidelle et al. 2014) n'a pas toujours été respecté. Ainsi il est important de garder à l'esprit qu'en 2023 les résultats de FECRT sont seulement des estimations de FECR que l'on peut qualifier de contrôle d'efficacité.

Quant à la méthode d'analyse d'identification larvaire, en 2022 et 2023, nous avons réalisé des identifications sur critères morphologiques à l'ENVV ainsi que des analyses génétiques Némabiome sur les mêmes échantillons. Cette double manipulation nous a permis de comparer les résultats obtenus par les deux techniques et ceux-ci sont globalement très similaires. Effectivement, peu d'espèces ont été attribuées différemment entre les deux méthodes. La lecture morphologique est cependant moins précise que le Némabiome et ne permet pas facilement de s'adapter aux variations des larves au sein d'une espèce. Ainsi, les parasites du genre *Cooperia* et les *Haemonchus contortus* peuvent être confondus du fait de leur morphologie de queue de gaine semblable. *H. contortus* étant régulièrement le plus présent des strongles gastro-intestinaux dans l'étude réalisée nous pouvons donc penser que dans la plupart des cas une identification morphologique serait suffisante. Elle est bien moins coûteuse que l'analyse Némabiome, cependant elle est relativement chronophage et surtout nécessite un opérateur expérimenté.

2. Bilan des résultats coproscopiques, des tests d'efficacité et des identifications larvaires

En termes de suivi parasitaire, nous avons pu voir que les deux cheptels qui transhumant ensemble ont globalement des niveaux d'excrétion fécale semblables au cours de l'estive avec des pics aux mêmes périodes mais dont l'intensité peut varier.

Dans le cadre du suivi du lycée agricole de 2022, nous avons remarqué que les valeurs moyennes d'OPG étaient significativement plus élevées quand le cheptel est en estive depuis 3 semaines ou un mois, et ce notamment chez les primipares. Ce phénomène correspond à l'apparition de primipares affaiblies en début d'estive décrite par les bergers. En suivant les niveaux d'excrétion d'animaux potentiellement plus sensibles (individus forts excréteurs à la première analyse en mai 2022), on observe une variation intéressante au cours du temps qui nous fait supposer que l'excrétion plus élevée est un phénomène immunitaire. On sait que la vitesse de mise en place de l'immunité va jouer sur la protection contre les strongles, donc ces primipares auraient une réponse immunitaire plus lente que par exemple les primipares faibles excrétrices. Les primipares les plus parasitées en mai lors de la première coprologie seraient celles à traiter en priorité pour l'estive. Avant de généraliser ces résultats chez les primipares, il faudrait les confirmer dans d'autres systèmes d'estives. Pour les multipares l'absence de variation significative au cours du temps peut s'expliquer par la réponse immunitaire qui finit par se mettre en place. Une plus grande disparité des valeurs d'excrétion fécale au sein des brebis du lycée agricole le 20 octobre 2022 peut alors être expliquée par le relâchement immunitaire au moment du part puisque cette analyse a été réalisée en période de mise bas.

Des comptages d'OPG élevés chez les primipares pourraient aussi éventuellement s'expliquer par une importante proportion d'*Haemonchus contortus*. Cette espèce est en effet très prolifique et les résultats d'identifications des larves nous montrent une présence en proportion variable de l'espèce *Haemonchus contortus* toute l'année et très majoritaire après traitement. Deux cas de figures apparaissent : lorsque le traitement paraît efficace, on obtient peu de parasites survivants mais ce sont des larves d'*H. contortus* ; et quand le traitement n'est pas efficace c'est aussi *H. contortus* qui se retrouve majoritaire mais cette fois-ci en grande quantité. Dans les élevages où une résistance est déjà installée, les traitements donnent à cette espèce de strongle un avantage sélectif non négligeable, quand toutes les autres espèces sont éliminées, *Haemonchus contortus* peut continuer son cycle. Ainsi nous observons bel et bien une dissémination de souches parasitaires résistantes pendant l'estive puisque l'élevage A a désormais une résistance à l'éprinomectine et des cas cliniques d'haemonchose grave. On peut supposer que les souches d'*H. contortus* ont circulé du lycée agricole vers l'élevage A pendant l'estive. Cette transmission est potentiellement renforcée par la proximité entre animaux engendrée par la mise en place des parcs de nuit et des parcs d'attente lors de la traite pour le fromage d'estive.

Sachant que les brebis peuvent s'infester avec des *Haemonchus contortus* en estive, il est pertinent de penser que les autres ruminants sauvages de montagne peuvent

eux aussi se contaminer. On sait que des *H. contortus* ont été retrouvés lors d'autopsies d'izards (chamois pyrénéen) (communication personnelle de C. Vial-Novella, Vétérinaire au Parc National des Pyrénées), ainsi on peut se demander si cette infestation importante n'a pas aussi un impact sur la faune sauvage. Ce phénomène aurait alors deux conséquences : il pourrait y avoir de la mortalité due à l'haemonchose sur des populations de chamois, et d'autre part, s'ils ne meurent pas des infestations, les chamois pourraient entretenir les cycles d'*H. contortus* en montagne le lui permettant de passer l'hiver et être présent sur l'estive pour la saison suivante.

Au sujet des traitements utilisés, leur choix a été déterminant pour la gestion du risque parasitaire. En effet, en juin 2022, au début de la période d'estive, l'élevage A a connu un épisode d'haemonchose aiguë avec des seuils d'œufs par gramme (3200 OPG) et des signes cliniques jamais observés auparavant. Les tendances globales d'excrétions parasitaires sont similaires entre les deux cheptels mais le pic d'excrétion a été plus précoce en 2023 (avril-mai) qu'en 2022 (juin). Contrairement à ce qui était attendu, nous avons observé une bonne efficacité des benzimidazoles ce qui pourrait être intéressant à l'avenir pour une utilisation parcimonieuse et raisonnée.

En 2022, un traitement anthelminthique le 10 juillet en estive à la moxidectine a permis une remise à zéro de l'excrétion parasitaire. Le traitement à la moxidectine orale ayant été très efficace, l'analyse du 14 septembre représente le résultat des infestations en montagne entre le 10 juillet et le 14 septembre à la descente d'estive. On obtient alors des *H. contortus* très majoritaires, ce qui signifie que ce parasite peut désormais faire son cycle en estive, malgré les conditions climatiques à 1400m voir 1800 d'altitude. Cette infestation peut avoir une implication sur les symptômes observés à l'automne, saison où sont habituellement observées des espèces comme *Teladorsagia circumcincta* ou *Trichostrongylus colubriformis* qui tolèrent davantage le froid.

L'étude montre que l'efficacité des molécules anthelminthiques évolue à peu près de la même manière pour les deux élevages malgré un décalage dans le temps. En effet, dès 2021 l'éprinomectine n'était plus efficace sur le cheptel du lycée agricole (FEER de 51%) alors que ce n'est qu'en 2022 que ce défaut d'efficacité a été mis en lumière dans l'élevage A (FEER de -53%). Concernant la moxidectine, elle reste efficace au lycée agricole en 2021 et 2023 alors qu'elle est douteuse dans l'élevage A en 2022 (FEER de 91%).

Par ailleurs, que cela soit pour lycée agricole ou l'élevage A, l'utilisation du closantel au tarissement en août 2023 est à souligner puisque contrairement aux autres traitements, elle a un effet drastique sur la composition ultérieure de l'helminthofaune. Cette molécule efficace sur les strongles hématophages apparait comme une solution efficace pour limiter la population d'*Haemonchus contortus*, et laisser d'autres espèces prendre le dessus. Utilisable uniquement lors du tarissement, son utilisation devra être stratégique.

Les élevages B et C ont été moins étudiés, cependant on observe une hétérogénéité des résultats (FECR > 95% pour l'élevage B mais pas pour l'élevage C) alors que ces deux cheptels pâturent ensemble depuis de nombreuses années. Compte tenu des observations pour l'élevage du lycée agricole et l'élevage A, on pourrait supposer que ce n'est qu'une question de temps pour que la résistance présente dans l'élevage C se diffuse à l'élevage B.

L'estive était par le passé une pratique pour laquelle nous n'avions que peu de données de parasitisme, nous ne savions pas si cette tradition pouvait ralentir l'apparition des résistances. Suite à ce travail nous pouvons affirmer que des parasites résistants sont bien présents sur l'estive étudiée. Ainsi, lorsqu'il y a des mélanges de troupeaux, les niveaux d'efficacité des molécules peuvent fluctuer dans le temps et sont donc à tester régulièrement.

3. Notions de climat et écotoxicité

Au cours de l'étude, les bergers nous ont fait part de certains éléments à propos de changements constatés dans la montagne. Les étés étant de plus en plus chauds, davantage de rivières sont asséchées. Cette diminution des accès à l'eau entraîne l'impossibilité de faire pâture les troupeaux ovins dans certaines zones, ceci ayant pour conséquence d'une part la fermeture du paysage et d'autre part une diminution de la surface utilisable en estive, augmentant le chargement des animaux par unité de surface. Ces éléments abordés au cours d'échanges oraux informels ont souligné l'inquiétude globale des acteurs de l'estive pyrénéenne au sujet du changement climatique et d'un éventuel impact écotoxique des anthelminthiques.

De plus, comme dit précédemment, les résultats d'analyses coprologiques et ceux d'identifications de larves montrent qu'*Haemonchus contortus* est désormais très présent dans nos élevages pyrénéens en estive. On pourrait émettre l'hypothèse que le contexte climatique est davantage favorable au développement de ce parasite, mais aussi qu'il pourrait éventuellement s'adapter à des conditions montagneuses. Effectivement, en 2022, Vernay et al., ont montré un allongement de la période annuelle pour laquelle la température atteint 10°C dans le massif d'Aspe-Ossau (à 1800m d'altitude) : période de début juin à fin août en 1960, contre mai à octobre en 2020. Ce changement climatique offre alors des conditions favorables à l'évolution des stades larvaires (de l'œuf à la L3) de l'espèce *H. contortus* en estive. Dans ce contexte, il serait judicieux de veiller à amener en estive des animaux dont l'helminthofaune est diversifiée ou essayer d'amener le moins possible de strongles en estive mais sans forcément compter uniquement sur les traitements anthelminthiques. Il faudrait anticiper la montée en estive en gérant le parasitisme de façon raisonnée dans les élevages en vallée. Pour cela, les éleveurs peuvent s'appuyer sur la sélection génétique d'animaux résistants (disponible en race Basco-Béarnaise), la gestion du pâturage, le suivi coprologique et le traitement sélectif. Nous avons aussi vu que les primipares étaient les plus sensibles donc on pourrait

idéalement utiliser un traitement anthelminthique efficace avant la transhumance, seulement sur les primipares.

Conclusion

Comme nous avons pu le voir, le parasitisme en élevage ovin est une problématique majeure, d'autant plus dans le contexte actuel où de nombreuses résistances voire multirésistances sont régulièrement mises en lumière. Nous avons pu voir qu'il y avait différents moyens de lutte contre les parasites digestifs ovins, cependant, pour le moment c'est encore les traitements anthelminthiques chimiques qui restent les plus utilisés.

Notre étude s'est portée sur le bassin ovin laitier Pyrénéen dans lequel la transhumance est pratiquée depuis longtemps. Ce système de pâturage d'estive était jusqu'à présent considéré comme une pratique saine offrant la possibilité d'un vide sanitaire et d'un pâturage extensif pouvant valoriser des terres non cultivables. Notre hypothèse de départ portait sur d'éventuels risques inhérents aux mélanges de troupeaux et plus précisément sur des possibles transmissions de souches parasitaires résistantes. Notre objectif était alors de décrire un système d'estive le plus simple possible avec des élevages touchés par le parasitisme gastro-intestinal, afin d'évaluer les éventuelles disséminations de populations parasitaires résistantes.

Nous avons donc effectué un protocole de suivi de l'infestation parasitaire par analyses coprologiques quantitatives et identifications des espèces parasitaires présentes, au cours de l'année 2022 et 2023 dans deux élevages cotranshumants. Nous avons pour cela réalisé un total de 543 analyses coproscopiques par flottaison, 30 identifications morphologiques et 21 analyses Némabiome. De nombreux intervenants ont participé aux différentes manipulations.

Les résultats de cette étude ont montré une infestation parasitaire qui continue pendant l'estive malgré différents traitements anthelminthiques. L'éprinomectine est inefficace dans nos deux élevages mais la moxidectine et l'albendazole sont encore utilisables. Les traitements anthelminthiques permettent de maîtriser les pics d'infestations mais on a malgré tout une omniprésence de l'espèce *Haemonchus contortus* chez les brebis des deux cheptels co-estivant.

A l'avenir ces deux cheptels vont devoir traiter les animaux avant l'estive afin d'éviter une mortalité des primipares mais il va falloir mettre en place une stratégie pour garder une helminthofaune la plus diversifiée possible et ainsi éviter d'accélérer la dissémination de populations d'*H. contortus* résistants en estive. Les traitements à la moxidectine et à l'albendazole sont encore efficaces pour le moment, il va falloir retarder au maximum l'apparition d'une éventuelle résistance à ces molécules. En parallèle des traitements chimiques, un travail en amont de la transhumance via une gestion intégrée du parasitisme devra être mis en place : une bonne rotation des pâtures et l'utilisation des progrès en sélection génétique permettrait d'anticiper l'explosion du parasitisme en estive.

L'utilisation des molécules anthelminthiques en estive pose un réel problème d'écotoxicité avec notamment l'éprinomectine et la moxidectine qui présentent une haute persistance dans l'environnement. On pourrait éventuellement supposer que les traitements antérieurs avec des lactones macrocycliques ont joué un rôle dans la diminution de biodiversité des rivières de montagnes. Un usage raisonné des molécules anthelminthiques avec des traitements de préférence hors estive sera conseillé. Toujours dans un contexte d'inquiétude environnementale, il est pertinent de se demander si les populations d'*Haemonchus contortus* retrouvées en estive ont les mêmes préférences climatiques que les souches sensibles, y-a-t-il eu une adaptation du parasite aux conditions climatiques en estive ?

Ce travail a permis de suivre le niveau d'excrétion et les différents parasites présents au cours du temps pour deux élevages cotranshumants. Nous avons pu collecter de nombreuses informations mais il serait pertinent de prolonger ce travail afin de s'intéresser davantage à certains points : l'adaptation ou non d'*Haemonchus contortus*, la mise en place de stratégie visant à ralentir l'apparition de résistance, l'étude d'une estive plus complexe, ou bien encore le suivi d'autres élevages estivant pour faire un état des lieux dans un autre territoire.

BIBLIOGRAPHIE

ABBOTT K.A., TAYLOR M., STUBBINGS LA., 2012. Sustainable worm control strategies for Sheep 4th Edition: A technical manual for veterinary surgeons and advisers. *Liver Fluke control in cattle and sheep*. June, p. 1-78. Disponible à l'adresse : <https://www.scops.org.uk/workspace/pdfs/scopstechnicalmanual4theditionjune201213072012175521.pdf>

ADJOU, K., 2013. Évaluation de l'état corporel des brebis : grille de notation. *La semaine vétérinaire*. 28 juin 2013. No. 1546, pp. 46-47.

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.

ALBERICH, M, GARCIA, M, PETERMANN, J, BLANCFUNEY, C, JOUFFROY, S, JACQUIET, P et LESPINE, A, 2024. *Larval motility assay using WMicrotracker™: a high throughput test to discriminate between resistance and susceptibility to anthelmintic drugs in nematodes* [en ligne]. 5 mai 2024. bioRxiv.

AVRAMENKO, RW, REDMAN, EM, LEWIS, R, YAZWINSKI, TA, WASMUTH, JD et GILLEARD, JS, 2015. Exploring the Gastrointestinal "Nemabiome": Deep Amplicon Sequencing to Quantify the Species Composition of Parasitic Nematode Communities. *PLOS ONE* [en ligne]. 2 décembre 2015. Vol. 10, n° 12. DOI 10.1371/journal.pone.0143559.

BALIC, A, BOWLES, VM et MEEUSEN, ENT, 2000. The immunobiology of gastrointestinal nematode infections in ruminants. In : *Advances in Parasitology* [en ligne]. Academic Press. pp.181-241. Disponible à l'adresse : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065308X00450050>

BEH, K. J., HULME, D. J., CALLAGHAN, M. J., LEISH, Z., LENANE, I., WINDON, R. G. et MADDOX, J. F., 2002. A genome scan for quantitative trait loci affecting resistance to *Trichostrongylus colubriformis* in sheep. *Animal Genetics*. 1 avril 2002. Vol. 33, n° 2, pp. 97-106. DOI 10.1046/j.1365-2052.2002.00829.x.

BENTOUNSI, B., MERADI, S. et CABARET, J., 2012. Towards finding effective indicators (diarrhoea and anaemia scores and weight gains) for the implementation of targeted selective treatment against the gastro-intestinal nematodes in lambs in a steppic environment. *Veterinary Parasitology*. 8 juin 2012. Vol. 187, n° 1, pp. 275-279. DOI 10.1016/j.vetpar.2011.12.024.

BOEHRINGER INGELHEIM ANIMAL HEALTH FRANCE, 2016. Résumé des Caractéristiques du Produit : Eprinex Multi. [en ligne]. 27 juillet 2016. Disponible à l'adresse : <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=EPRINEX+MULTI+5+M+G%2FML+SOLUTION+POUR-ON+POUR+BOVINS+OVINS+ET+CAPRINS> [Consulté le 5 janvier 2024].

BONNEFONT, M et CANNELAS, A, 2014. Optimisation des outils de diagnostic des strongyloses gastro-intestinales des ovins. *Médecine vétérinaire et santé animale*. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. Disponible à l'adresse : https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04548241v1/file/Bonnefont-Canellas_12116.pdf

BORDES, L, DESMOLIN, A, GREIL, S, RICHELME, A, EICHSTADT, M, FLUCK, A, LAPORTE, J, COLLIGNON, MP, COLLIOT, F, GRISEZ, C, PRÉVOT, F, SCHELCHER, F et JACQUIET, P, 2020. Multirésistances aux anthelminthiques chez les strongles digestifs des petits ruminants du sud de la France. *Le Nouveau Praticien Vétérinaire élevages & santé*. 2020. Vol. 12, n° 46, pp. 7-18. DOI 10.1051/npvelsa/46007.

BORDES, L, 2022. Approche intégrée du contrôle des strongyloses gastro-intestinales chez les ovins en région Nouvelle-Aquitaine. *Thèse d'université*. Université Paul Sabatier - Toulouse III.

BRIK, K, HASSOUNI, T, ELKHARRIM, K et BELGHYTI, D, 2019. A survey of *Haemonchus contortus* parasite of sheep from Gharb plain, Morocco. *Parasite Epidemiology and Control* [en ligne]. 1 février 2019. Vol. 4. DOI 10.1016/j.parepi.2019.e00094.

BOWMAN, D.D., 1999. *Georgi's Parasitology for Veterinarians*, Seventh Edition Philadelphia, 414 p.

CABARET, J., GASNIER, N. et JACQUIET, P., 1998. Faecal egg counts are representative of digestive-tract strongyle worm burdens in sheep and goats. *Parasite*. 1998. Vol. 5, n° 2, pp. 137-142. DOI 10.1051/parasite/1998052137.

CABARET, J, GONNORD, MV, CORTET, J, SAUVÉ, C, BALLEST, J, TOURNADRE, H et BENOIT, M, 2006. Indicators for internal parasitic infections in organic flocks: the diarrhoea score (Disco) proposal for lambs. In : *Joint Organic Congress*. [en ligne]. Odense, Danemark. 2006. Disponible à l'adresse : <https://orgprints.org/id/eprint/7243/>

CENTRE D'EXPERTISE EN PRODUCTION OVINE DU QUÉBEC, 2018. Fiches techniques - Parasitisme. [en ligne]. 2018. Disponible à l'adresse : <https://cepoq.com/fiches-techniques/> [Consulté le 5 janvier 2024].

CEVA SANTÉ ANIMALE, 2015. Résumé des Caractéristiques du Produit : Eprecis. [en ligne]. 13 mai 2015. Disponible à l'adresse : <https://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=EPRECIS+20+MG%2FM L+SOLUTION+INJECTABLE+POUR+BOVINS%2C+OVINS+ET+CAPRINS> [Consulté le 4 janvier 2024].

CHANDRAWATHANI, P, JAMNAH, O, ADNAN, M, WALLER, P. J, LARSEN, M et GILLESPIE, A. T, 2004. Field studies on the biological control of nematode parasites of sheep in the tropics, using the microfungus *Duddingtonia flagrans*. *Veterinary Parasitology*. 25 mars 2004. Vol. 120, n° 3, pp. 177-187. DOI 10.1016/j.vetpar.2003.12.014.

CHARTIER, C, PORS, I, HUBERT, J, ROCHETEAU, D, BENOIT, C et BERNARD, N, 1998. Prevalence of anthelmintic resistant nematodes in sheep and goats in Western France. *Small Ruminant Research*. 15 juin 1998. Vol. 29, n° 1, pp. 33-41. DOI 10.1016/S0921-4488(97)00116-8.

COLES, G. C., BAUER, C., BORGSTEEDE, F. H. M., GEERTS, S., KLEI, T. R., TAYLOR, M. A. et WALLER, P. J., 1992. 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*. 1 septembre 1992. Vol. 44, n° 1, 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, pp. 167-185. DOI 10.1016/j.vetpar.2005.11.019.

COOP, R. L. et KYRIAZAKIS, I., 1999. Nutrition–parasite interaction. *Veterinary Parasitology*. 1 août 1999. Vol. 84, n° 3, pp. 187-204. DOI 10.1016/S0304-4017(99)00070-9.

DASH, K. M., HALL, E. et BARGER, I. A., 1988. The role of arithmetic and geometric mean worm egg counts in faecal egg count reduction tests and in monitoring strategic drenching programs in sheep. *Australian Veterinary Journal*. février 1988. Vol. 65, n° 2, pp. 66-68. DOI 10.1111/j.1751-0813.1988.tb07359.x.

DEVOS, J et MARCOTTY COLL, T, 2015. Un cas de résistance aux lactones macrocycliques chez les nématodes gastro-intestinaux en élevage ovin. *Bulletin des G.T.V.* 2015. N° 80, pp. 55-62.

EICHSTADT, M, 2017. Évaluation de la résistance des strongles gastro-intestinaux aux anthelminthiques dans quatre élevages ovins allaitants de Corrèze. *Médecine vétérinaire et santé animale*. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. Disponible à l'adresse : http://oatao.univtoulouse.fr/18020/1/Eichstadt_18020.pdf

EPE, C et KAMINSKY, R, 2013. New advancement in anthelmintic drugs in veterinary medicine. *Trends in Parasitology*. 1 mars 2013. Vol. 29, n° 3, pp. 129-134. DOI 10.1016/j.pt.2013.01.001.

EYSKER, M., BAKKER, N., KOOYMAN, F. N. J. et PLOEGER, H. W., 2005. The possibilities and limitations of evasive grazing as a control measure for parasitic gastroenteritis in small ruminants in temperate climates. *Veterinary Parasitology*. 20 avril 2005. Vol. 129, n° 1, pp. 95-104. DOI 10.1016/j.vetpar.2004.12.022.

FALZON, L. C., O'NEILL, T. J., MENZIES, P. I., PEREGRINE, A. S., JONES-BITTON, A., VAN LEEUWEN, J. et MEDEROS, A., 2014. A systematic review and meta-analysis of factors associated with anthelmintic resistance in sheep. *Preventive Veterinary Medicine*. 15 novembre 2014. Vol. 117, n° 2, pp. 388-402. DOI 10.1016/j.prevetmed.2014.07.003.

FALZON, L. C., VAN LEEUWEN, J., MENZIES, P. I., JONES-BITTON, A., SEARS, W., JANSEN, J. T. et PEREGRINE, A. S., 2015. Comparison of calculation methods used for the determination of anthelmintic resistance in sheep in a temperate continental climate. *Parasitology Research*. avril 2015. Vol. 114, n° 4, pp. 1631-1643. DOI 10.1007/s00436-014-4253-6.

FIEL, C, GUZMÁN, M, STEFFAN, P, RODRIGUEZ, E, PRIETO, O et BHUSHAN, C, 2011. The efficacy of trichlorphon and naphthalophos against multiple anthelmintic-

resistant nematodes of naturally infected sheep in Argentina. *Parasitology Research*. Août 2011. Vol. 109 Suppl 1, pp. S139-148. DOI 10.1007/s00436-011-2410-8.

GAUDIN, E., COSTES-THIRÉ, M., VILLALBA, J. J., HOSTE, H., GERFAULT, V. et GINANE, C., 2019. Relative abilities of young sheep and goats to self-medicate with tannin-rich sainfoin when infected with gastrointestinal nematodes. *Animal*. 1 janvier 2019. Vol. 13, n° 7, pp. 1498-1507. DOI 10.1017/S175173111800304X.

GEURDEN, T, CHARTIER, C, FANKE, J, DI REGALBONO, AF, TRAVERSA, D, VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G, DEMELER, J, VANIMISETTI, HB, BARTRAM, DJ et DENWOOD, MT, 2015. Anthelmintic resistance to ivermectin and moxidectin in gastrointestinal nematodes of cattle in Europe. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 1 décembre 2015. Vol. 5, n° 3, pp. 163-171. DOI 10.1016/j.ijpddr.2015.08.001.

GIRARD, C, 2022. Les facteurs de risque d'apparition et de dissémination de la résistance à l'éprinomectine dans les élevages de brebis laitières des Pyrénées-Atlantiques. *Mémoire de fin d'étude d'ingénieur*, VetagroSup.

HAFSI, F, CHINA, B et GHALMI, F, 2012. Le monepantel, un nouvel anthelminthique efficace contre les nématodes gastro-intestinaux des ovins. *Sciensano* [en ligne]. 1 septembre 2012. Disponible à l'adresse : <https://www.sciensano.be/en/biblio/le-monepantel-un-nouvel-anthelminthique-efficace-contre-les-nematodes-gastro-intestinaux-des>

HOSTE, H, CHARTIER, C et LE FRILEUX, Y, 2002. Control of gastrointestinal parasitism with nematodes in dairy goats by treating the host category at risk. *Veterinary research* [en ligne]. octobre 2002. Vol. 33, n° 5. DOI 10.1051/vetres:2002037.

HOSTE, H, PONS, JC et GUITARD, JP, 2003. Pâturage mixte entre ovins et bovins : intérêt dans la gestion des strongyloses gastro-intestinales. *Alter Agri*. octobre 2003. N° 61, pp. 20-23.

HOSTE, H., RULIE, A. C., PREVOT, F., BERGEAUD, J. P., GRISEZ, C., DE LA FARGE, F., JACQUIET, P. et DORCHIES, P., 2006. Differences in receptivity to gastrointestinal infections with nematodes in dairy ewes: Influence of age and of the level of milk production. *Small Ruminant Research*. 1 mai 2006. Vol. 63, n° 1, pp. 150-155. DOI 10.1016/j.smallrumres.2005.02.025.

JACQUIET, P., 1997. Les strongles digestifs des ruminants. *Le Point Vétérinaire*, numéro spécial « Parasitologie des ruminants », 28, 20-21.

JACQUIET, P, 2015. Comment rationaliser les traitements anthelminthiques en élevage ovin ? *Le Nouveau Praticien Vétérinaire élevages & santé* [en ligne]. 2015. Vol. 8, n° 30. Disponible à l'adresse : <https://neva.fr/course/view.php?id=493&topic=6>

JACQUIET, P, AGUERRE, S, RUIZ-HUIDOBRO, C, GRISEZ, C, PRÉVOT, F, MILHES, M, SAGOT, L, ASTRUC, JM, FIDELLE, F, VIAL-NOVELLA, C et MORENO, C, 2018. Comment lutter contre les strongles gastro-intestinaux résistants ? *Bulletin des G.T.V.* 2018. pp. 33-40.

JACQUIET, P, BARILLET, F, BOUIX, J, FRANCOIS, D, MORENO-ROMIEUX, C et TEREFE, G, 2009. La résistance génétique des ovins aux strongles gastro-

intestinaux. *Bulletin de l'académie vétérinaire de France*. 2009. pp. 39-46. DOI 10.4267/2042/47974.

JACQUIET, P, FIDELLE, F, LEPETITCOLIN, E, PRIVAT, S, GAILLAC, C, BERGEAUD, JP et HOSTE, H, 2014. État des lieux de la résistance aux anthelminthiques en France chez les ovins. *Le Nouveau Praticien Vétérinaire élevages & santé* [en ligne]. 2014. Vol. 7, n° 29. Disponible à l'adresse : <https://neva.fr/course/view.php?id=490&topic=2>

JOUFFROY, S, BORDES, L, GRISEZ, C, SUTRA, JF, CAZAJOUS, T, LAFON, J, DUMONT, N, CHASTEL, M, VIAL-NOVELLA, C, ACHARD, D, KAREMBE, H, DEVAUX, M, ABBADIE, M, DELMAS, C, LESPINE, A et JACQUIET, P, 2023. First report of eprinomectin-resistant isolates of *Haemonchus contortus* in 5 dairy sheep farms from the Pyrénées Atlantiques département in France. *Parasitology* [en ligne]. 20 janvier 2023. Vol. 150, n° 4. DOI 10.1017/S0031182023000069.

KAMINSKY, R, DUCRAY, P, JUNG, M, CLOVER, R, RUFENER, L, BOUVIER, J, WEBER, SS, WENGER, A, WIELAND-BERGHAUSEN, S, GOEBEL, T, GAUVRY, N, PAUTRAT, F, SKRIPSKY, T, FROELICH, O, KOMOIN-OKA, C, WESTLUND, B, SLUDER, A et MÄSER, P, 2008. A new class of anthelmintics effective against drug-resistant nematodes. *Nature*. 13 mars 2008. Vol. 452, n° 7184, pp. 176-180. DOI 10.1038/nature06722.

KAPLAN, RM, 2020. Biology, Epidemiology, Diagnosis, and Management of Anthelmintic Resistance in Gastrointestinal Nematodes of Livestock. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. mars 2020. Vol. 36, n° 1, pp. 17-30. DOI 10.1016/j.cvfa.2019.12.001.

KERBOEUF, D., HUBERT, J., HOSTE, H., 1997. Le diagnostic de laboratoire des strongyloses des ruminants. *Le Point Vétérinaire*, numéro spécial « Parasitologie des ruminants », 28, 89-96.

KNOLL, S, DESSÌ, G, TAMPONI, C, MELONI, L, CAVALLO, L, MEHMOOD, N, JACQUIET, P, SCALA, A, CAPPALÀ, MG et VARCASIA, A, 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, n° 1, pp. 505. DOI 10.1186/s13071-021-05013-9.

KÖHLER, P, 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.

KOTZE, A. C. et PRICHARD, R. K., 2016. Anthelmintic Resistance in *Haemonchus contortus*: History, Mechanisms and Diagnosis. *Advances in Parasitology*. 2016. Vol. 93, pp. 397-428. DOI 10.1016/bs.apar.2016.02.012.

LARSEN, J. W., VIZARD, A. L. et ANDERSON, N., 1995. Production losses in Merino ewes and financial penalties caused by trichostrongylid infections during winter and spring. *Australian Veterinary Journal*. février 1995. Vol. 72, n° 2, pp. 58-63. DOI 10.1111/j.1751-0813.1995.tb15332.x.

LEATHWICK, DM, GANESH, S et WAGHORN, TS, 2015. Evidence for reversion towards anthelmintic susceptibility in *Teladorsagia circumcincta* in response to

resistance management programmes. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 1 avril 2015. Vol. 5, n° 1, pp. 9-15. DOI 10.1016/j.ijpddr.2015.01.001.

LEFEVRE, PC et BLANCOU, J, 2005. Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et Régions chaudes. *Bulletin de l'académie vétérinaire de France*. 2005. pp. 77.

LERAY, O., DOLIGEZ, P., JOST, J., POTTIER, E. et DELABY, Luc, 2017. Présentation des différentes techniques de pâturage selon les espèces herbivores utilisatrices. *Fourrages*. 2017. Vol. 229, pp. 11-16.

LESPINE, A, MÉNEZ, C, BOURGUINAT, C et PRICHARD, RK, 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.

LONGY, H et ZANCHI, E, 2022. Oloron Sainte Marie : aménagement du territoire et valeur ajoutée, l'agriculture de montagne tient toutes ses promesses. [en ligne]. 1 septembre 2022. Disponible à l'adresse : <https://adt.educagri.fr/actualites/oloron-sainte-marie-amenagement-du-territoire-et-valeur-ajoutee-lagriculture-de-montagne-tient-toute-ses-promesses> [Consulté le 5 janvier 2024].

LUMARET, JP, ERROUISSI, F, FLOATE, K, RÖMBKE, J et WARDHAUGH, K, 2012. A review on the toxicity and non-target effects of macrocyclic lactones in terrestrial and aquatic environments. *Current Pharmaceutical Biotechnology*. mai 2012. Vol. 13, n° 6, pp. 1004-1060. DOI 10.2174/138920112800399257.

MAAF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), 1986. Manual of Veterinary Parasitological Laboratory Techniques. HMSO, London, 160p.

MAGE, C., 1998. L'Haemonchose. *Parasites des moutons : Prévention, diagnostic, traitement*, manuel pratique, p19-22.

MAGE, C., 2016. Maladies parasitaires du mouton : prévention, diagnostic et traitement. 3e édition. Paris : Éditions France Agricole. Agriproduction Petits ruminants. ISBN 978-2-85557- 434-9. 636.3 MAG, P.01.03-MAG-M

MAHIEU, M, NAVES, M et ARQUET, R, 2012. Évaluer le poids des petits ruminants sans peser. *Journée Technique AMADEPA*. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

MAVROT, F, HERTZBERG, H et TORGERSO, P, 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.

MCKENNA, PB, 2006. A comparison of faecal egg count reduction test procedures. *New Zealand Veterinary Journal*. 2006. Vol. 54, n° 4, pp. 202-203.

METEOFRANCE, Relevé météorologique du Béarn pour la période 1981-2010 . [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/> [Consulté le 2 janvier 2024]

MILHES, M., GUILLERM, M., ROBIN, M., EICHSTADT, M., ROY, C., GRISEZ, C., PRÉVOT, F., LIÉNARD, E., BOUHSIRA, E., FRANC, M. et JACQUIET, P., 2017. A real-time PCR approach to identify anthelmintic-resistant nematodes in sheep farms. *Parasitology Research*. mars 2017. Vol. 116, n° 3, pp. 909-920. DOI 10.1007/s00436-016-5364-z.

MORGAN, ER, LANUSSE, C, RINALDI, L, CHARLIER, J et VERCRUYSSE, J, 2022. Confounding factors affecting faecal egg count reduction as a measure of anthelmintic efficacy. *Parasite (Paris, France)*. 2022. Vol. 29, pp. 20. DOI 10.1051/parasite/2022017.

PAOLINI, V, DORCHIES, P et HOSTE, H, 2003. Effets des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez le mouton et la chèvre. *Alter Agri*. Octobre 2003. N° 61, pp. 17-19.

PARAUD, C., PORS, I., MARCOTTY, T., et DEVOS, J., 2014. Un premier cas de résistance aux lactones macrocycliques chez les nématodes gastro-intestinaux confirmé en élevage ovin en France. First description of strongyle resistance to macrocyclic lactones in a sheep flock in France. 21ème journée des Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, n° 1, p. 325-328.

PLOEGER, H. W. et EVERTS, R. R., 2018. Alarming levels of anthelmintic resistance against gastrointestinal nematodes in sheep in the Netherlands. *Veterinary Parasitology*. 15 octobre 2018. Vol. 262, pp. 11-15. DOI 10.1016/j.vetpar.2018.09.007.

RAYNAUD, J.-P., WILLIAM, G. et BRUNAUT, G., 1970. Etude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et le contrôle des infestations parasitaires des bovins, ovins, équins et porcins. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*. 1970. Vol. 45, n° 3, pp. 321-342. DOI 10.1051/parasite/1970453321.

RICHELME, A et GREIL, S, 2019. Évaluation de la résistance des strongles gastro-intestinaux aux anthelminthiques dans sept élevages ovins allaitants du Limousin. *Médecine vétérinaire et santé animale*. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

RINALDI, L., COLES, G. C., MAURELLI, M. P., MUSELLA, V. et CRINGOLI, G., 2011. Calibration and diagnostic accuracy of simple flotation, McMaster and FLOTAC for parasite egg counts in sheep. *Veterinary Parasitology*. 11 mai 2011. Vol. 177, n° 3-4, pp. 345-352. DOI 10.1016/j.vetpar.2010.12.010.

ROEBER, F, JEX, AR, CAMPBELL, AJD, NIELSEN, R, ANDERSON, GA, STANLEY, KK et GASSER, RB, 2012. Establishment of a robotic, high-throughput platform for the specific diagnosis of gastrointestinal nematode infections in sheep. *International Journal for Parasitology*. Décembre 2012. Vol. 42, n° 13-14, pp. 1151-1158. DOI 10.1016/j.ijpara.2012.10.005.

ROEBER, F, JEX, AR et GASSER, RB, 2013. Impact of gastrointestinal parasitic nematodes of sheep, and the role of advanced molecular tools for exploring epidemiology and drug resistance - an Australian perspective. *Parasites & Vectors*. 27 mai 2013. Vol. 6, pp. 153. DOI 10.1186/1756-3305-6-153.

ROSE, H., RINALDI, L., BOSCO, A., MAVROT, F., DE WAAL, T., SKUCE, P.,

CHARLIER, J., TORGERSON, P. R., HERTZBERG, H., HENDRICKX, G., VERCRUYSSSE, J. et MORGAN, E. R., 2015. Widespread anthelmintic resistance in European farmed ruminants: a systematic review. *The Veterinary Record*. 23 mai 2015. Vol. 176, n° 21, pp. 546. DOI 10.1136/vr.102982.

ROSTANG, A, CHARTIER, C et JACQUIET, P, 2022. L'usage de l'éprinomectine chez les petits ruminants. *Le Point Vétérinaire* [en ligne]. 1 octobre 2022. N° 434. Disponible à l'adresse : <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point-veterinaire/article/n-434/l-usage-de-l-eprinomectine-chez-les-petits-ruminants.html>

RUSSEL, A, 1984. Body condition scoring of sheep. *In Practice*. mai 1984. Vol. 6, n° 3, pp. 91-93. DOI 10.1136/inpract.6.3.91.

SHAW, D. J. et DOBSON, A. P., 1995. Patterns of macroparasite abundance and aggregation in wildlife populations: a quantitative review. *Parasitology*. 1995. Vol. 111 Suppl, pp. S111-127. DOI 10.1017/s0031182000075855.

SILVESTRE, A, LEIGNEL, V, BERRAG, B, GASNIER, N, HUMBERT, JF, CHARTIERE, C et CABARET, J, 2002. Sheep and goat nematode resistance to anthelmintics: pro and cons among breeding management factors. *Veterinary research* [en ligne]. octobre 2002. Vol. 33, n° 5. DOI 10.1051/vetres:2002033.

SOULSBY, E.J.L, 1982. *Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals*. Balliere Tindall. London : : Bailliere Tindall,. ISBN 978-0-7020-0820-7.

THOMAS, G, ASTRUC, JM et BOURRIGAN, X, 2022. Résultats de contrôle laitier - France 2021. *Institut de l'Élevage* [en ligne]. 30 mai 2022. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/resultats-de-controle-laitier-france-2021> [Consulté le 4 janvier 2024].

TORRES ACOSTA, F et HOSTE, H, 2008. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *ResearchGate*. Juillet 2008. pp. 159-173. DOI 10.1016/j.smallrumres.2008.03.009.

URQUHART, G.M., ARMOUR, J., DUNCAN, J.L., DUNN, A.M. et JENNINGS, F.W., 1996. *Veterinary Parasitology*. 2nd Edition, Blackwelle Science, pp. 19-164.

VERCRUYSSSE, J et CLAEREBOU, E, 2014. Pharmacology - Anthelmintics. *MSD Veterinary Manual* [en ligne]. 1 septembre 2014. Disponible à l'adresse : <https://www.msdivetmanual.com/pharmacology/anthelmintics/imidazothiazoles> [Consulté le 4 juillet 2024].

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*. avril 2017. Vol. 40, n° 2, pp. 105-115. DOI 10.1111/jvp.12330.

NOM : GIRAUD Elisa

TITRE : SUIVI DE L'INFESTATION EN STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX DE TROUPEAUX DE BREBIS BASCO-BÉARNAISES ESTIVANT DANS LES PYRÉNÉES ATLANTIQUES, ET CIRCULATION DE SOUCHES D'*HAEMONCHUS CONTORTUS* RESISTANTS A L'EPRINOMECTINE

RÉSUMÉ :

La résistance des strongles gastro-intestinaux limite les options thérapeutiques en élevage ovin laitier et le mélange des troupeaux en transhumance pourrait contribuer à la dissémination des souches résistantes. Nous avons effectué un suivi coproscopique dans deux élevages cotranshumants avec identification d'espèces, notamment par analyses Némabiome et identifications morphologiques. L'éprinomectine s'est révélée inefficace dans les deux élevages : FECR de 51% en 2021 et FECR à -53% en 2022. La résistance est surtout portée par *Haemonchus contortus*. Cette étude a soulevé des questionnements au sujet de la capacité d'*Haemonchus contortus* à effectuer des cycles en estive à la faveur du réchauffement climatique. Nos résultats obligent à une révision de la gestion du parasitisme qui doit être anticipé avant la montée en estive, passant potentiellement par un traitement des primipares avant la transhumance. La situation est d'ores et déjà critique mais un changement des pratiques permettrait de préserver la santé des troupeaux mais aussi de limiter l'impact des molécules anthelminthiques dans des écosystèmes fragiles.

MOTS-CLES : STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX, OVINS, PYRENEES ATLANTIQUES, ESTIVE, RÉSISTANCE, ANTHELMINTHIQUE, NEMATODES, EPRINOMECTINE, MOXIDECTINE, ALBENDAZOLE, FECRT, *HAEMONCHUS CONTORTUS*.

TITLE: MONITORING OF GASTROINTESTINAL STRONGYLE INFESTATION IN BASCO-BEARNAISE SHEEP HERDS GRAZING IN THE PYRENEES ATLANTIQUES AND CIRCULATION OF EPRINOMECTIN-RESISTANT *HAEMONCHUS CONTORTUS* STRAINS

ABSTRACT:

Resistance of gastrointestinal strongyles limits therapeutic options in dairy sheep farming, and the mixing of herds during transhumance may contribute to the spread of resistant strains. We conducted coproscopic monitoring in two co-transhumant farms with species identification, notably through Nemabiome analyses and morphological identifications. Eprinomectin was ineffective in both farms: FECR of 51% in 2021 and FECR of -53% in 2022. Resistance is mainly carried by *Haemonchus contortus*. This study raised questions about the ability of *Haemonchus contortus* to complete life cycles in summer pastures, possibly due to climate change. Our results call for a revision of parasite management, which should be anticipated before moving the herds to the mountains, possibly involving treatment of first-time breeders before transhumance. The situation is already critical, but changes in practices could help preserve herd health and limit the impact of anthelmintic molecules on fragile ecosystems.

KEY WORDS: GASTROINTESTINAL STRONGYLES, SHEEP, PYRENEES ATLANTIQUES, SUMMER PASTURE, RESISTANCE, ANTHELMINTIC, NEMATODES, EPRINOMECTIN, MOXIDECTIN, ALBENDAZOLE, FECRT, *HAEMONCHUS CONTORTUS*.