



**HAL**  
open science

# Résistance naturelle aux strongles digestifs en race Gasconne des Pyrénées : épidémiologie et impact zootechnique (étude sur quatre années de suivi)

Alix Aldebert

## ► To cite this version:

Alix Aldebert. Résistance naturelle aux strongles digestifs en race Gasconne des Pyrénées : épidémiologie et impact zootechnique (étude sur quatre années de suivi). Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04372806

**HAL Id: dumas-04372806**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04372806v1>**

Submitted on 4 Jan 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.

# RESISTANCE NATURELLE AUX STRONGLES DIGESTIFS EN RACE GASCONNE DES PYRENEES : EPIDEMIOLOGIE ET IMPACT ZOOTECHNIQUE (ETUDE SUR QUATRE ANNEES DE SUIVI)

---

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

*par*

**ALDEBERT Alix, Marie, Alisée**

**Directeur de thèse : M. Philippe**

**JACQUIET**

---

**JURY**

PRESIDENT :

**M. Alexis VALENTIN**

Professeur à l'Université Paul Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

**M. Philippe JACQUIET**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**M. Emmanuel LIENARD**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRES INVITES :

**M. Frédéric PIQUEMAL**

Ingénieur agronome, Station Gasconne

**Mme Christelle GRISEZ**

Ingénieure de recherche à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE



**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*
- 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*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- 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. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

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

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*

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

- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- 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*
- 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*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
- Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- M. **FUSADE-BOYER Maxime**, *Microbiologie et infectiologie*
- M. **GAIDE Nicolas**, *Anatomie pathologique*
- Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
- Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
- M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
- Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
- M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales réglementées*
- Mme **WASET-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 **GEFFRE 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

## *Aux membres du jury*

### **À Monsieur le Professeur Alexis VALENTIN**

Professeur à l'Université Paul Sabatier,  
Faculté de Pharmacie,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury de cette thèse,

*Hommage respectueux.*

### **À Monsieur le Professeur Philippe JACQUIET**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
Parasitologie et Maladies Parasitaires,

Pour avoir accepté la direction de cette thèse,

*Pour m'avoir accompagné tout au long de ce projet.*

*Pour tous vos précieux conseils tout au long de ce travail.*

*Très sincères remerciements .*

### **À Monsieur le Docteur Emmanuel LIENARD**

Maitre de conférence à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
Parasitologie et Maladies Parasitaires,

Pour avoir accepté de participer au jury de cette thèse,

*Sincères remerciements.*

### **À Monsieur Frédéric PIQUEMAL**

Ingénieur agronome au sein du Groupe Gascon des Pyrénées,

Pour avoir accepté d'être présent en tant que membre invité.

Pour le temps pris pour répondre à mes nombreuses questions.

*Très sincères remerciements.*

### **À Madame le Docteur Christelle GRISEZ**

Ingénieur de recherche à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Pour avoir accepté d'être présente en tant que membre invitée.

Pour son implication et ses précieux conseils tout au long de ce travail.

*Très sincères remerciements.*

***À ceux ayant contribué à cette thèse***

À l'équipe de parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse pour la mise à disposition de leurs locaux, ainsi qu'à leur aide notamment durant la partie expérimentale du projet.

Au Groupe Gascon des Pyrénées pour leur collaboration dans ce projet.

A Maxime DELPEYRAT pour son travail au groupe Gascon et son aide durant ce travail.

***À mes parents, ma famille et mes amis*** pour leur soutien sans faille.

## Liste des abréviations

AC : Anticorps  
ACP : Analyse en Composantes Principales  
Ag : Antigène  
AH : Anthelminthique  
CPA : Cellule Présentatrice d'Antigène  
GDP : Gasconne des Pyrénées  
GMQ : Gain Moyen Quotidien  
HT : Hématocrite  
LM : Lactone macrocyclique  
MS : Matière sèche  
mUTyr : Milli unité de Tyrosine  
OPG : Oeufs par gramme  
PAT : Poids Âge Type  
PEP : Dosage de pepsinogène  
RDO : Ratio de Densité Optique  
SGI : Strongle Gastro-Intestinaux  
TCE : Temps de Contact Effectif  
Utyr : Unité de Tyrosine



# TABLE DES MATIERES

<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>5</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>7</b>
<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>8</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX.....</b>	<b>13</b>
<b>TABLE DES FIGURES.....</b>	<b>14</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>16</b>
<b>PARTIE 1 - Les parasites gastro-intestinaux des bovins et la résistance aux anthelminthiques.....</b>	<b>17</b>
<b>1. Les strongles gastro-intestinaux chez les bovins : généralités.....</b>	<b>17</b>
1.1. Présentation des parasites.....	17
1.2. Localisation des parasites.....	17
1.3. Le cycle parasitaire.....	19
<b>2. Épidémiologie.....</b>	<b>20</b>
2.1 Epidémiologie de la partie externe du cycle.....	20
2.2. Spécificités épidémiologiques de la partie interne du cycle.....	23
2.2.1. <i>L'hypobiose (chez Ostertagia ostertagi) : Phénomène d'inhibition naturelle du développement larvaire chez l'hôte.....</i>	<i>23</i>
2.2.2. <i>Influence du mois de naissance des veaux.....</i>	<i>23</i>
2.3. L'impact du pâturage par les jeunes bovins dans le cycle des SGI.....	24
2.4. La contamination du pâturage.....	24
<b>3. Les strongles gastro-intestinaux chez les bovins : Pathologie prépondérante des bovins au pâturage.....</b>	<b>25</b>
3.1. Principales strongyloses bovines.....	25
3.1.1. <i>Ostertagiose bovine.....</i>	<i>25</i>
3.1.2. <i>Coopériose.....</i>	<i>26</i>
3.2. La physiopathologie des strongyloses gastro-intestinales.....	26
3.3. Parasitose subclinique et/ou impacts zootechniques des SGI.....	27
3.4. Les conséquences d'un déficit protéique en filière allaitante.....	28
3.4.1. <i>Impact sur la croissance des veaux.....</i>	<i>28</i>
3.4.2. <i>Impacts zootechniques sur le troupeau adulte.....</i>	<i>28</i>
3.5. Les conséquences économiques pour l'éleveur en filière allaitante.....	29
<b>4. Les moyens de dépistages des strongyloses bovines.....</b>	<b>30</b>
4.1. La coproscopie.....	30
4.2. Le dosage du pepsinogène comme marqueur d'exposition au parasitisme.....	31
4.3. La mesure du taux d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> comme marqueur d'exposition au parasitisme.....	32
<b>5. Régulation naturelle des SGI par les bovins.....</b>	<b>33</b>
5.1. La mise en place d'une réponse immunitaire contre les strongyloses bovines.....	33
5.1.1. <i>Généralités.....</i>	<i>33</i>

5.1.2. <i>La réponse immunitaire innée</i> .....	35
5.1.3. <i>La réponse immunitaire acquise (adaptative)</i> .....	35
5.2. Les animaux résistants : lutter contre les SGI directement avec l'hôte.....	36
5.2.1. <i>Hétérogénéité de la résistance des hôtes</i> .....	37
5.2.2. <i>La part de la génétique dans les phénomènes de résistance et de résilience</i> .....	37
5.2.3. <i>Variations individuelles</i> .....	38
<b>6. Maîtrise des SGI à l'aide des anthelminthiques en élevage bovin</b> .....	<b>40</b>
6.1. Les anthelminthiques : action directe sur les parasites.....	40
6.2. L'utilisation non rationnelle des AH conduit à des phénomènes de résistance.....	41
6.3. La problématique de la résistance.....	42
6.4. La mise en évidence des phénomènes de résistances.....	43
6.4.1. <i>Généralités</i> .....	43
6.4.2. <i>Dépistage des phénomènes de résistance</i> .....	44
6.5. État des lieux des phénomènes de résistance.....	46
6.5.1. <i>En Europe</i> .....	46
6.5.2. <i>En France</i> .....	46
6.6. L'écotoxicité des anthelminthiques.....	47
6.7. L'usage raisonné des anthelminthiques.....	48
6.7.1. <i>Pourquoi mettre en place un usage raisonné des anthelminthiques ?</i> .....	48
6.7.2. <i>Le traitement ciblé-sélectif : pilier de l'usage raisonné des anthelminthiques</i> .....	49
6.7.2.1. <b><i>Le traitement ciblé-sélectif (TCS)</i></b> .....	<b>49</b>
6.7.2.2. <b><i>« Ciblé » : savoir quand traiter en identifiant les périodes de pâturage à risque parasitaire élevé</i></b> .....	<b>49</b>
6.7.2.3. <b><i>« Sélectif » : savoir qui traiter en identifiant les génisses de renouvellement à risque</i></b> .....	<b>51</b>
6.7.2.4. <b><i>En pratique on traite qui, quand et comment ?</i></b> .....	<b>51</b>
<b>7. Maîtrise des SGI grâce à la gestion du pâturage</b> .....	<b>53</b>
7.1. Les bonnes pratiques de pâturage pour diminuer la pression parasitaire.....	53
7.1.1. <i>Recommandations vis-à-vis du chargement</i> :.....	54
7.1.2. <i>Recommandations vis-à-vis de la hauteur d'herbe</i> :.....	54
7.1.3. <i>Recommandations vis-à-vis de la rotation des parcelles</i> :.....	54
7.1.4. <i>Recommandations vis-à-vis de la date de mise à l'herbe</i> :.....	54
7.1.5. <i>Recommandations vis-à-vis de la complémentation alimentaire au pâturage</i> : .....	54
7.2. La pratique du pâturage mixte.....	55
7.2.1. <i>Le pâturage mixte pour réduire la charge parasitaire des parcelles</i> .....	55
7.2.2. <i>Le pâturage mixte intra-espèce adultes-jeunes</i> .....	55
7.2.3. <i>Le pâturage mixte inter-espèces : bovins - ovins</i> .....	56
7.2.4. <i>Le cas du pâturage mixte inter-espèces : bovins - équins</i> .....	56
7.2.5. <i>Les effets et intérêts du pâturage mixte</i> .....	56
7.2.5.1. <b><i>Effet sur le parasitisme</i></b> .....	<b>56</b>
7.2.5.2. <b><i>Effet du pâturage mixte sur les performances de croissance</i></b> .....	<b>57</b>
7.2.5.3. <b><i>Effet sur la valorisation alimentaire de l'herbe pâturée</i></b> .....	<b>57</b>
7.2.5.4. <b><i>Intérêt agro-écologique de cette pratique</i></b> .....	<b>57</b>
7.2.5.5. <b><i>Intérêt économique du pâturage-mixte</i></b> .....	<b>58</b>

<b>PARTIE 2 - Présentation de la race Gasconne des Pyrénées.....</b>	<b>59</b>
<b>PARTIE 3 - Annonce des objectifs de l'étude expérimentale.....</b>	<b>61</b>
<b>MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>64</b>
1. L'origine des animaux prélevés.....	64
1.1. <i>La SAS PEPIRAG</i> .....	65
1.2. <i>GAEC Miracles</i> .....	66
1.3. <i>Eric Bertrand</i> .....	67
2. Les animaux prélevés.....	71
2.1. <i>Veaux de première année de pâture</i> .....	71
2.2. <i>Génisses en seconde année de pâture</i> .....	74
3. La collecte et le stockage des échantillons.....	75
3.1. <i>Échantillon de matière fécale</i> .....	76
3.2. <i>Prélèvements sanguins</i> .....	77
4. Les indicateurs bruts individuels parasitologiques et cliniques.....	77
4.1. <i>Analyse coproscopique</i> .....	77
<b>4.1.1. Principe de la coproscopie par flottaison</b> .....	<b>77</b>
<b>4.1.2. Protocole de coproscopie par flottaison utilisé</b> .....	<b>78</b>
4.2. <i>Dosage du pepsinogène sanguin</i> .....	79
4.3. <i>Dosage du taux sérique en anticorps anti-Ostertagia</i> .....	81
4.4. <i>Mesure des hématocrites</i> .....	84
5. Les données zootechniques : Pesée et gain moyen quotidien (GMQ), comme témoin de la croissance des jeunes bovins.....	85
6. Identification des larves obtenues en coproculture.....	85
6.1. <i>Récolte des larves et coproculture</i> .....	85
6.2. <i>Analyse morphologique</i> .....	86
<b>RESULTATS.....</b>	<b>87</b>
1. Caractérisation de l'environnement.....	87
1.1 <i>Résultats du suivi météorologique</i> .....	87
1.2 <i>Conduite d'élevage</i> .....	89
1.3 <i>Bilan du risque parasitaire auquel ont été soumis les veaux et les génisses durant le deux premières années de pâture</i> .....	90
2. Indicateurs parasitologiques par élevage.....	91
2.1 <i>Résultats coproscopiques des veaux de première année de pâture</i> .....	91
<b>2.1.1. Profils d'excrétion mis en évidence</b> .....	<b>93</b>
<b>2.1.2. Héritabilité du type de régulation via le père</b> .....	<b>95</b>
<b>2.1.3. Identification larvaire</b> .....	<b>96</b>
2.2 <i>Résultats coproscopiques des génisses de seconde année de pâture</i> .....	97
<b>2.2.1. Intensité et cinétique individuelles d'excrétion des œufs de SGI</b> .....	<b>97</b>
<b>2.2.2. Profils d'excrétion</b> .....	<b>97</b>
<b>2.2.3. Identification larvaire</b> .....	<b>98</b>
3. Indicateurs d'exposition par élevage.....	98
3.1 <i>Résultats des dosages de pepsinogène sanguin</i> .....	98
<b>3.1.1. Des veaux de première année de pâture</b> .....	<b>98</b>

3.1.2. Des génisses de seconde année de pâture.....	100
3.2 Résultats des dosages d'AC anti-Ostertagia.....	101
3.2.1. Des veaux de première année de pâture.....	101
3.2.2. Des génisses de seconde année de pâture.....	103
4. Indicateurs cliniques et zootechniques.....	104
4.1 Valeurs des hématocrites.....	104
4.2 Données de croissance.....	105
4.2.1. Le Poids Age-Type (PAT).....	106
4.2.2. Le GMQ.....	107
4.2.3. Corrélation GMQ et OPG.....	109
5. Analyse en composante principale.....	111
5.1 Analyse ACP pour les veaux de première année de pâture à PEPIRAG.....	111
5.2 ACP Miracles.....	112
5.3 ACP Eric Bertrand.....	113
6. Analyse de corrélations totales.....	114
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>116</b>
1. Discussion du dispositif expérimental.....	116
1.1 L'échantillonnage.....	116
1.2 Infestations naturelles.....	117
1.3 Conduite de pâturage.....	117
2. Discussion des analyses de laboratoire.....	118
2.1 Utilisation de la méthode de MacMaster.....	118
2.2 Identification larvaire sur critère morphologique.....	118
2.3 Dosage du pepsinogène sanguin.....	118
2.4 Dosage des anticorps anti-Ostertagia.....	119
3. Principaux résultats de cette étude.....	119
3.1 Profils d'excrétion.....	119
3.2 Pepsinogène.....	121
3.4. La réponse en anticorps.....	121
3.5 Cinétiques d'excrétion de pepsinogène et d'Anticorps anti-Ostertagia.....	121
3.6. Bénéfice économique.....	122
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>125</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>127</b>
<b>TABLE DES ANNEXES.....</b>	<b>141</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>142</b>
1. Liste détaillée des veaux de première année de pâture retenus pour notre étude :	142
2. Liste détaillée des génisses de seconde année de pâture retenues pour notre étude :	145
3. Âge des veaux de première année de pâture.....	147
3.1. Lors des premiers prélèvements.....	147
3.2. Lors de la mise à l'herbe.....	148
4. Données brutes :	149
4.1 Données brutes des premières années de pâture (Station PEPIRAG)...	149
4.2 Données brutes des deuxièmes années de pâture (Station PEPIRAG)..	150

<b>4.3 Données brutes des premières années de pâture (Elevage BERTRAND)</b>	<b>151</b>
<b>4.4 Données brutes des premières années de pâture (Elevage MIRACLES)</b>	<b>152</b>
5. Protocole du dosage de pepsinogène utilisé.....	153
6. Protocole de dosage du taux sérique en anticorps anti-ostertagia utilisé : Kit ELISA SVANOVIR® à détection des anticorps <i>O.ostertagi</i> .....	156

# TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Position taxonomique des principaux strongles digestifs des bovins.....	17
Tableau 2 : Tableau récapitulatif sur la localisation et la physiopathologie des principaux strongles gastro-intestinaux des bovins.....	18
Tableau 3 : Facteurs de variation du cycle parasitaire au cours de l'année.....	22
Tableau 4 : Molécules anthelminthiques utilisables chez les bovins et leurs propriétés....	41
* À tester séparément de l'ivermectine et de la moxidectine.....	44
Tableau 5 - Méthodes de dépistage des résistances à disposition et en fonction des molécules d'intérêts.....	44
Tableau 6 : Les différents types de pâturage mixte existant.....	55
Tableau 7 : Effectifs des individus prélevés sur les 4 années d'études.....	65
Tableau 8 : Caractéristiques des exploitations étudiées.....	69
Tableau 9 : Pratiques de pâturage réalisées dans les élevages de l'étude.....	70
Tableau 10 : Noms des pères de race GDP des veaux prélevés.....	72
Tableau 11 : Proportion de veaux suivant leur sexe inclus dans les cohorte de l'étude....	72
Tableau 12 : Âge moyen des veaux lors des premiers prélèvements et lors de leur première mise à l'herbe.....	73
Tableau 13 : Nombre de génisses retenues pour l'étude et correspondance avec leurs pères.....	75
Tableau 14 : Dates de prélèvements lors du suivi.....	76
Tableau 15 : Durée de pâturage approximative des veaux suivis au court des quatre saisons de pâturage.....	90
Tableau 16 : Techniques de pâturage des exploitations incluses dans l'étude permettant une maîtrise de la charge parasitaire.....	91
Tableaux 19 : Pourcentage des types de régulateurs chez Eric BERTRAND.....	94
Tableau 20 : Pourcentage des veaux en fonction de leurs types régulateurs, de leurs élevages d'origines et de leurs pères.....	95
Tableau 21 : Pourcentage des veaux en fonction de leurs types régulateurs et de leurs origines génétiques.....	95
Tableau 22 : Poids moyen des veaux de race Gasconne des Pyrénées sur la campagne 2021. PN = Poids à la naissance, P120j = Poids à 120 jours d'âge, P210j = Poids à 210 jours d'âge.....	105
Tableau 23 : Poids-âge type moyen à 120 et 210 jours, ainsi que GMQ moyen entre 120 et 210 jours d'âge des veaux femelle de première année de pâture.....	105
Tableau 24 : Matrice de corrélations brutes entre les variables d'intensités d'excrétion d'oeufs (OPG), pepsinogène sanguin (Pep), intensité de la réponse anticorps anti-Ostertagia ostertagi (ELISA) mesurées aux cinq points de prélèvements et les valeurs relatives de poids type à 120 jours (P120%) et à 210 % (P210%) chez les génisses de première saison de pâture de la station Gasconne (Villeneuve de Paréage PEPIRAG, Ariège).....	114

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle évolutif des strongles gastro-intestinaux.....	20
Figure 2 : Les trois profils d'excrétion des œufs de SGI au cours de la première saison de pâture selon Gasbarre.....	39
Figure 4 : Localisation des exploitations incluses dans l'étude.....	64
Figure 5 : Illustration du protocole de coproscopie par flottation.....	79
Figure 6 : Illustration du principe de dosage du pepsinogène.....	81
Figure 7 : Principe de fonctionnement du kit ELISA anti-ostertagia.....	83
Figure 8 : Illustration de l'abaque de lecture d'hématocrite.....	84
Figure 9 : Représentation schématique d'une larve infestante illustrant les principaux critères de diagnose utilisés :.....	86
Figure 10 : Ensemble de graphiques représentant la cinétique des paramètres météorologies d'intérêt dans cette étude.....	88
Figure 11 : Ensemble de graphiques représentant les cinétiques d'excrétion d'OPG des veaux de première année de pâture à la station PEPIRAG, durant les 4 années de suivi.	92
Figure 12 : Ensemble de graphique représentant les cinétiques d'excrétion d'OPG des veaux de première année dans les élevages Miracles et Bertrand, durant les 2 années de suivi.....	93
Figure 13 : Identification des larves de SGI présentes chez les veaux de première année de pâture dans les différents élevages en 2020 et 2021.....	96
Figure 14 : Ensemble de graphique représentant les cinétiques d'excrétions d'OPG des génisses de seconde année de pâture à la station PEPIRAG, durant les 4 années de suivi. ....	97
Figure 15 : Identification des larves de SGI présentes chez les génisses de seconde année de pâture à la station PEPIRAG en 2020 et 2021.....	98
Figure 16 : Ensemble de graphiques représentant la cinétique du pepsinogène sanguin chez les veaux de première année de pâture lors des 4 années de prélèvement à la station de PEPIRAG.....	99
Figure 17 : Ensemble de graphiques représentant la cinétique du pepsinogène sanguin chez les veaux de première année de pâture lors des 2 années de prélèvement dans les élevages témoins.....	100

Figure 18 : Ensemble de graphiques représentant la cinétique du pepsinogène sanguin chez les génisses de seconde année de pâture lors des 4 années de prélèvement à la station de PEPIRAG.....	100
Figure 19 : Ensemble de graphiques représentant les cinétiques d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> des veaux de première année de pâture lors des 4 années de prélèvement à la station de PEPIRAG.....	101
Figure 20 : Ensemble de graphiques représentant les cinétiques d'anticorps <i>anti-Ostertagia</i> des veaux de première année de pâture dans les élevages témoins lors des 2 années de prélèvement.....	102
Figure 21 : Ensemble de graphiques représentant les cinétiques d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> des génisses de seconde année de pâture lors des 4 années de prélèvement à la station de PEPIRAG.....	103
Figure 21 : Répartition des PAT base 100 des veaux de première année de pâture de la station de PEPIRAG durant les 4 années de suivi.....	105
Figure 22 : Répartition des PAT base 100 des veaux de première année de pâture dans l'élevage Miracles et Bertrand, durant les 2 années de suivi.....	106
Figure 23 : Graphique représentant les GMQ entre 120 et 210 jours observés chez les veaux de première année de pâture à la station de PEPIRAG durant les 4 années de prélèvements...107	
Figure 24 : Graphiques représentant les GMQ observés chez les veaux de première année de pâture chez Miracles et Bertrand durant les deux années de prélèvements.....	108
Figure 25 : Corrélation entre la somme d'opg excrété durant la saison de pâture et le paramètre de croissance %210, chez les veaux de premières année de pâture, 4 années confondues, à PEPIRAG. Avec $r^2$ (P210%) = 0,07.....	108
Figure 26 : Ensemble de graphiques présentant l'évolution de la somme d'opg excrété durant la saison de pâture par rapport au paramètre de croissance %210, chez les veaux de premières année de pâture, 2 années confondues, chez Miracles et Bertrand.....	109
Figure 27 : Analyses en composante principale des paramètres évalués à PEPIRAG, données cumulées sur 4 ans.....	110
Figure 28 : Analyses en composante principale des paramètres évalués chez Miracles, données cumulées sur 2 ans.....	111
Figure 29 : Analyses en composante principale des paramètres évalués chez Bertrand, données cumulées sur 2 ans.....	112



# INTRODUCTION

Le pâturage est un des piliers de l'élevage bovin allaitant. Dans le cas des races rustiques, optimiser la période de mise à l'herbe est primordiale dans la réduction des coûts de production, l'amélioration des performances zootechniques, ainsi que la préservation de la biodiversité des parcours. Parmi les races rustiques, la race Gasconne des Pyrénées est principalement retrouvée dans le piémont pyrénéen en système pâturant. Les animaux sont à l'herbe dès que les conditions (météorologiques, hauteur d'herbe) le permettent et une majorité des troupeaux transhument à la belle saison.

Or, chez les ruminants au pâturage, l'infestation par les strongles gastro-intestinaux est inévitable. Ainsi, la question de l'impact et de la gestion du parasitisme est fondamentale. S'il n'est pas envisageable à l'heure actuelle de se priver totalement des anthelminthiques, une utilisation raisonnée de ces derniers permet de ralentir les phénomènes de résistances des parasites. Un recours éclairé aux traitements anti-parasitaires et une gestion intelligente du pâturage permettent un temps de contact effectif suffisant lors de la première saison de pâture pour que les jeunes bovins acquièrent une immunité concomitante protectrice à l'encontre des strongles gastro-intestinaux.

Parallèlement, la composante génétique d'une résistance innée et héritable paraît complexe à mettre en évidence, qui plus est dans des races à faibles effectifs comme la Gasconne des Pyrénées. Dans ses travaux, Delphine De Montbron (2019) retrouve chez des veaux de race Gasconne des Pyrénées les trois profils d'excrétion d'oeufs de strongles digestifs au cours de la première saison de pâture, définis par Gasbarre en 2001. Afin de corroborer ces résultats et en partenariat avec la station de sélection de la race Gasconne des Pyrénées, des veaux et des génisses ont été suivis en sérologie, en pepsinogène sanguin et en coprologie durant leurs deux premières années de pâture. Ce travail a permis d'évaluer le statut parasitaire de ces animaux. In fine, dans ce contexte précis d'élevage avec cette race, dans les conditions pédoclimatiques du piémont pyrénéen, et selon des conduites d'élevages et de pâturages extensives, la possibilité d'élever des jeunes bovins au pâturage sans recours systématique aux anthelminthiques et sans conséquence sur leur croissance paraît envisageable.

# PARTIE 1

## Les parasites gastro-intestinaux des bovins et la résistance aux anthelminthiques

### 1. Les strongles gastro-intestinaux chez les bovins : généralités

#### 1.1. Présentation des parasites

Les strongles sont des nématodes parasites de l'ordre des Strongylida. Ils sont communément appelés strongles gastro-intestinaux (SGI) pour ceux qui parasitent le tube digestif. Le tableau 1 présente ceux retrouvés chez les bovins (Jacquet 1997).

Embranchement : Nematodae (vers ronds)			
Classe : Secernentea			
Ordre : Strongylida (strongles au sens large)			
Super-famille	Famille	Genre	Espèces (présentes chez les bovins)
Trichostrongyloidea	Trichostrongylidae	<i>Haemonchus</i>	<i>Haemonchus placei</i>
		<i>Trichostrongylus</i>	<i>Trichostrongylus axei</i>
		<i>Cooperia</i>	<i>Cooperia oncophora</i> <i>Cooperia pectinata</i> <i>Cooperia punctata</i>
		<i>Ostertagia</i>	<i>Ostertagia ostertagi</i>
	Nematodiridae	<i>Nematodirus</i>	<i>Nematodirus helvetianus</i> <i>Nematodirus spathiger</i>
Strongyloidea	Strongylidae	<i>Oesophagostomum</i>	<i>Oesophagostomum radiatum</i>
	Ancylostomatidae	<i>Bunostomum</i>	<i>Bunostomum phlebotomum</i>

Tableau 1 : Position taxonomique des principaux strongles digestifs des bovins

#### 1.2. Localisation des parasites

Chez les bovins, les deux espèces de strongles digestifs d'importance sont *Ostertagia ostertagi* et *Cooperia oncophora*.

*Ostertagia ostertagi* se loge dans la caillette des bovins. Il en est de même pour le strongle *Trichostrongylus axei*.

*Cooperia oncophora* se localise dans les premiers mètres de l'intestin grêle. Cette portion du tube digestif des bovins abrite aussi les genres *Nématodirus* et *Bunostomum*.

*Oesophagostomum radiatum* parasite le gros intestin.

Le tableau 2 présente les différents SGI affectant les bovins et leurs grandes caractéristiques.

Localisation	Espèce	Morphologie	Régime alimentaire	Prévalence	Pouvoir pathogène	Symptômes principaux
Caillette	<i>Ostertagia ostertagi</i>	8 – 12 mm Bruns	Larves histophages Adultes chymivores (légèrement hématophages)	+++	+++	Diarrhée Anémie Anorexie
	<i>Haemonchus contortus</i>	20-30 mm Rouge	Hématophage	Rarissime chez bovin	++	Diarrhée
	<i>Trichostrongylus axei</i>	4 – 6 mm Très fin		+	+	
Intestin grêle	<i>Cooperia oncophora</i>	6 – 11 mm Ressort de montre	Chymivore	++	++	Diarrhée Mal digestion
	<i>Nematodirus helvetianus</i>	10 -30 mm Très fin		+	+	
		<i>Bunostomum phlebotomum</i>	Epais Corps recourbé	Hématophage	+	+++
Gros intestin	<i>Oesophagostomum radiatum</i>	8 -20 mm Epais	Histophage	+	+++	Diarrhée Œdème Amaigrissement

Tableau 2 : Tableau récapitulatif sur la localisation et la physiopathologie des principaux strongles gastro-intestinaux des bovins

### **1.3. Le cycle parasitaire**

Le cycle parasitaire est monoxène avec une phase parasitaire chez le bovin, qui est l'hôte définitif, et une phase libre dans l'environnement, le pâturage. Le stade infestant est le stade larvaire L3 qui se trouve dans l'environnement. Les larves L3 sont ingérées lorsque le bovin broute. Puis, elles transitent jusqu'à leur organe cible (caillette, intestin grêle ou gros intestin) et migrent dans la muqueuse digestive. Les larves continuent à se développer en stade larvaire 4 puis en stade immature et enfin en stade adulte mature. Quand ce stade est atteint, la différenciation mâle et femelle est aboutie et la reproduction sexuée peut avoir lieu. La prolificité est variable en fonction de l'espèce de SGI considérée. Les œufs pondus sont excrétés via les fèces du bovin et se retrouvent dans le milieu extérieur, où pâture le bovin.

Après élimination des œufs dans les bouses, la phase libre débute. Le développement de l'œuf jusqu'au stade larvaire L3 se fait entièrement dans l'environnement et est plus ou moins rapide selon les conditions climatiques. Les stades L1 et L2 restent dans les bouses et sont très peu mobiles. Les larves L3 ont la capacité de migrer, d'abord horizontalement et de façon centrifuge par rapport aux bouses d'où elles proviennent, puis verticalement sur les brins d'herbe environnants. Ces mouvements verticaux sont possibles grâce à la rosée présente sur les feuilles. Cette capacité à se hisser vers le haut des brins d'herbes permet aux larves d'être plus facilement ingérées par les bovins. Généralement, les bovins ne broutent pas au ras du sol et délaissent les cinq premiers centimètres d'herbe.

La durée moyenne du cycle est de 3 semaines (Figure 1).

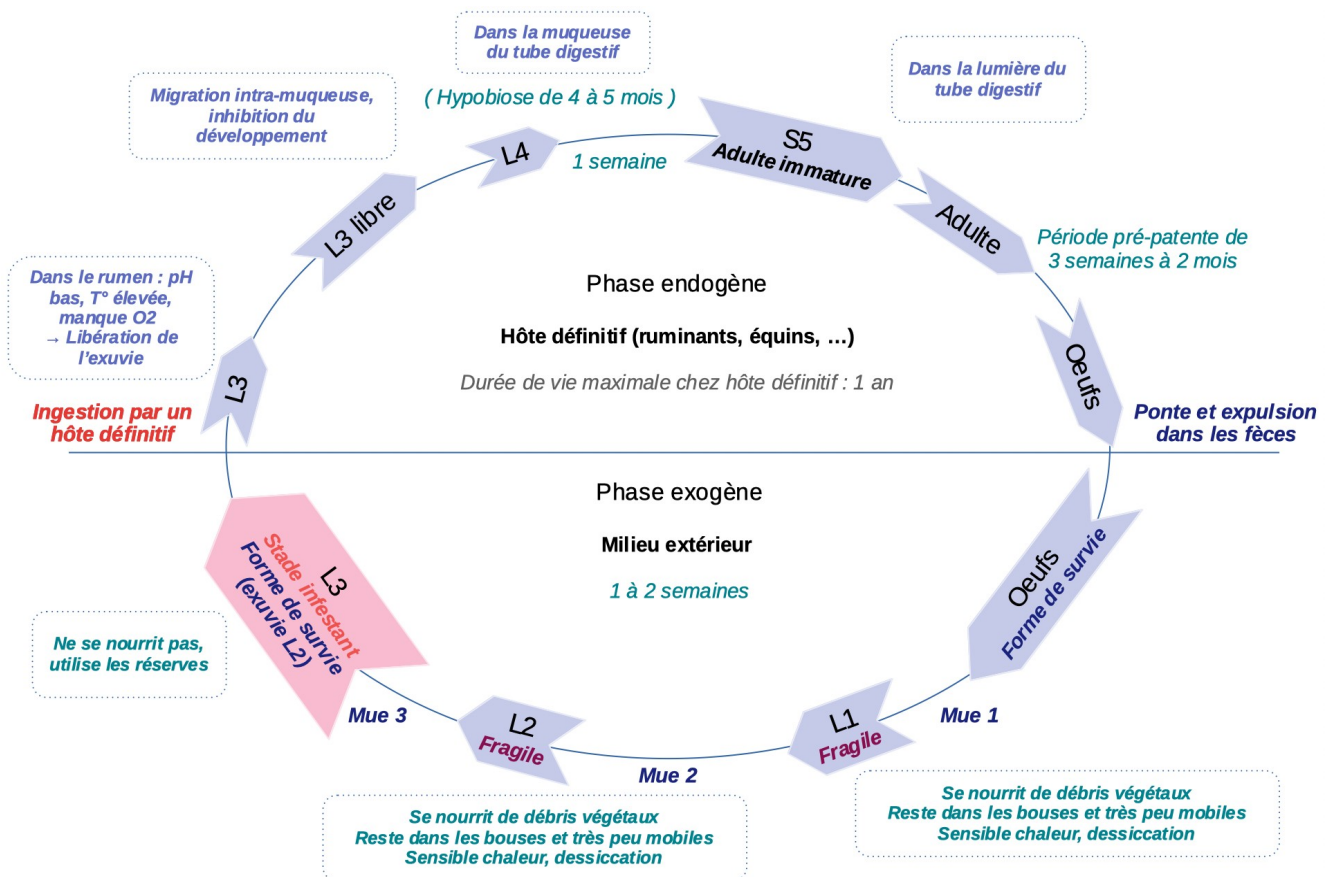


Figure 1 : Cycle évolutif des strongles gastro-intestinaux.

Sources : Enseignement ENVT.

## 2. Épidémiologie

Les strongles gastro-intestinaux sont des parasites ubiquistes, tous les bovins au pâturage sont susceptibles de s'infester. Par contre, certains individus en hébergent beaucoup et d'autres très peu, cela est vrai au sein d'un même lot ou d'un même troupeau. La **distribution** parasitaire est dite alors **sur-dispersée**. Cela s'explique par des variations d'immunité entre les animaux et de la quantité de larves infestantes L3 ingérées par les différents individus.

### 2.1 Épidémiologie de la partie externe du cycle

Plusieurs facteurs naturels expliquent la variabilité du cycle parasitaire externe :

L'humidité : elle est dépendante de la pluviométrie mensuelle mais aussi de la nature des bouses donc de l'alimentation des animaux. Dans le système d'élevage étudié, avec des

bovins allaitants, les bouses sont plutôt humides lorsque les animaux sont au pâturage. Ces bouses représentent donc un bon milieu de croissance pour les SGI.

La sécheresse est le principal facteur limitant de la survie des larves. Lorsque plusieurs semaines de sécheresse s'enchaînent, très peu de larves survivent. Toutefois, quelques larves se réfugient dans les bouses, y survivent parfois des semaines et peuvent relancer un cycle de contamination dès que les conditions sont à nouveau favorables.

La température et l'évolution des stades libres : la notion de seuil minimal et maximal de température pour le développement des œufs en L3 est variable selon l'espèce de SGI.

L'alternance rapide de périodes de gel et de dégel est très défavorable pour la survie des larves. Cependant le froid ne permet pas une décontamination totale des pâtures car les larves du genre *Ostertagia* survivent à des périodes prolongées de froid, a fortiori si elles sont protégées par une couche de neige.

Il faut retenir qu'un été chaud et humide sera très favorable aux strongles, tandis qu'un été chaud et sec sera dans un premier temps très défavorable aux SGI mais un rebond des populations parasitaires en fin d'été, notamment lors d'orages fréquents en août et en septembre, est à anticiper. Ce phénomène s'explique chez les bovins par la survie des larves de SGI dans les bouses.

L'oxygénation : il faut que le milieu soit bien oxygéné. Ainsi, les bousiers, qui délitent les matières fécales et y creusent des galeries, ont un rôle primordial. De plus, l'importance du piétinement qui dépend du chargement de la parcelle joue également un rôle dans ce phénomène d'oxygénation. Ces deux paramètres expliquent en partie pourquoi le cycle ne peut pas se faire dans la litière en bâtiment (excepté pour *Bunostomum*).

**Deux périodes à risques** se dessinent :

- Un premier pic d'infestation à la **fin du printemps** dû au recyclage parasite important en début de saison de pâturage. Ce pic est normalement stoppé par les fortes chaleurs et la sécheresse de l'été.
- Le second pic à l'**automne** lors du retour d'une humidité suffisante et où les larves accumulées dans les bouses vont à nouveau migrer vers les brins d'herbe.

Les larves les plus âgées, ayant survécu à l'hiver, ont la spécificité de donner des adultes qui seront très prolifiques. Les larves les plus vieilles peuvent ainsi faire fortement

augmenter la charge parasitaire à partir d'un faible nombre de larves infestantes (L3) (Kerboeuf 1979a).

Les larves qui se développent lors de températures fraîches à l'automne ont un développement lent et seront infestantes en moyenne au bout de 6 à 8 semaines. Ce développement ralenti leur permet d'accumuler beaucoup de réserves et ainsi de pouvoir résister davantage, plusieurs mois, lors de la phase externe du cycle. Ces larves, appelées « trans-saisonniers », permettent aux SGI de reprendre le cycle parasitaire d'une année à l'autre (Stromberg 1997).

Le tableau 3 présente les différentes caractéristiques des larves en fonction du mois de l'année.

<b>Hiver</b>	<i>Période de survie du parasite</i>	→ Mort des L1 et L2 → Survie des œufs et des L3 variable en fonction de la rigueur de l'hiver → <b>L4 en hypobiose chez les bovins infestés</b>
<b>Printemps</b>	<i>Recyclage parasitaire</i>	→ Larves trans-hivernantes d' <i>Ostertagia</i> donnent des adultes très prolifiques → Si pâturage avec des animaux non immunisés : Augmentation importante de la charge parasitaire de la prairie.
<b>Été</b>	<i>Contamination maximale</i>	→ Succession des générations parasitaires jusqu'à l'automne. → <u>Si été humide</u> : Pic entre août et octobre. → <u>Si sécheresse</u> : Pic décalé vers l'automne, lorsque l'humidité augmente à nouveau.
<b>Automne</b>	<i>Ralentissement</i>	→ Ralentissement du développement larvaire. → Puis arrêt des contaminations lors de la rentrée en bâtiment.

Tableau 3 : Facteurs de variation du cycle parasitaire au cours de l'année.

Sources : Référentiel gestion du parasitisme en zones humides, 2020

En fonction des régions, les différences de contamination résiduelles sont significatives. Un hiver sous climat océanique, doux et humide, sera propice à la survie des larves. Ainsi à la mise à l'herbe jusqu'à 5 000 larves / kg de MS d'herbe peuvent être comptabilisées. En revanche, elles peuvent être jusqu'à 50 fois moins nombreuses à l'issue d'un hiver rigoureux typiquement retrouvé sous un climat continental. Des mesures effectuées dans des pâturages enregistrent des niveaux moyens de contaminations résiduelles au mois

d'avril de 100 à 200 L3 / kg MS en zones de climat continental et de 600 à 1000 L3 / kg MS en zones de climat océanique (MTES 2020).

## **2.2. Spécificités épidémiologiques de la partie interne du cycle**

2.2.1. L'hypobiose (chez *Ostertagia ostertagi*) : Phénomène d'inhibition naturelle du développement larvaire chez l'hôte

Sous nos latitudes, ce phénomène a lieu durant l'hiver. Il correspond à l'interruption du développement larvaire d'*Ostertagia ostertagi* au stade L4. Ces larves appelées « early L4 » se trouvent dans les glandes de la caillette. La levée d'hypobiose, correspond à la reprise du cycle au printemps, lorsque les bovins sont de nouveau au pâturage. L'hypobiose est une adaptation du parasite à la survie chez l'hôte lors des mois d'hiver.

2.2.2. Influence du mois de naissance des veaux

En système allaitant, la date de vêlage conditionne l'âge du veau lors de sa première mise à l'herbe.

Les veaux nés à l'automne ou au début de l'hiver sont âgés d'environ 3 à 4 mois lors de la mise à l'herbe et sont quasiment sevrés lors de celle-ci. De ce fait, leur capacité d'ingestion d'herbe est suffisante pour s'infester. Et le temps de contact entre l'hôte et le parasite est alors suffisant pour générer une immunité correcte lors de leur deuxième saison de pâturage. Une fois cette immunité acquise, ils pourront limiter le recyclage parasitaire de la zone pâturée.

En revanche, les veaux nés en fin d'hiver ou au début du printemps ne sont pas sevrés lors de la mise à l'herbe. Ils ingèrent moins d'herbe au printemps donc moins de larves L3 infestantes. Ainsi, l'infestation par les SGI est plus tardive pour ces veaux. Infestation et consommation lactée évoluent de façon inverse et proportionnelle au cours de la saison. Ainsi, à la mise à l'herbe, les veaux « âgés » vont plus rapidement s'infester, que ceux qui ne sont pas encore sevrés. Ainsi, certains de ces veaux plus jeunes ne seront pas forcément complètement immunisés au début de leur deuxième saison de pâturage (Chauvin et al. 2001).



### **2.3. L'impact du pâturage par les jeunes bovins dans le cycle des SGI**

Les jeunes bovins sont dit « naïfs » car ils ne possèdent pas d'immunité contre les larves de strongles présentes au pâturage. Dans un premier temps, ils ne vont pas pouvoir réguler les infestations. La première infestation lors de la mise à l'herbe est alors massive. Cela conduit à une très forte excrétion d'oeufs de parasites dans le pâturage. Couplée au fait que cette première mise à l'herbe se fait généralement au printemps lorsque les conditions climatiques, chaleur et humidité, sont favorables au développement des larves sur les pâtures, cela conduit à une augmentation rapide de la charge parasitaire sur ces pâtures. Chez ces veaux primo-infestés, l'excrétion est maximale 8 semaines après le début de la mise à l'herbe (Vercruysse, Claerebout 2001).

### **2.4. La contamination du pâturage**

Généralement, pour des animaux non traités préventivement et lors de conditions météorologiques normales, le pic de contamination a lieu en fin d'été. A ce moment là, le nombre de larves peut atteindre 2 à 5 000 individus par kg de MS d'herbe, voire plus en cas de mauvaises pratiques. Par exemple, en cas de surpâturage en climat océanique, la charge parasitaire peut atteindre 15 000 larves/kg de MS d'herbe en fin d'été. Or, la charge parasitaire est considérée comme dangereuse dès lors qu'elle excède 1 500 larve/kg de MS d'herbe (MTES 2020).

Chez les veaux non-immunisés, le taux d'implantation des larves est compris entre 15 et 30 %. Si ces veaux pâturent sur une parcelle où la charge parasitaire est importante, l'impact du parasitisme se fera rapidement sentir chez eux

#### **La notion de recyclage parasitaire :**

Le recyclage parasitaire correspond à la ré-infestation printanière par les larves ayant survécu à la période hivernale. Il varie en fonction du chargement, de la conduite de pâturage, de l'utilisation d'anthelminthique et de l'espèce de parasite considérée.

Il existe deux types de larves au pâturage :

- Les larves printanières d'évolution lente, avec beaucoup de réserves et qui peuvent survivre 6 à 12 mois dans l'environnement.
- Et les larves estivales d'évolution rapide, pauvres en réserves, dont la survie n'excède généralement pas plus de deux mois. Leur développement concorde

généralement avec des épisodes de sécheresse qui écourtent parfois à un mois seulement leur durée de vie.

#### **La notion de charge parasitaire :**

La charge parasitaire correspond à la quantité de parasite présent chez l'animal infesté.

#### **La notion de challenge parasitaire :**

Le challenge parasitaire correspond au fait que les bovins broutent sur des zones plus ou moins riches en larves infestantes. Le challenge parasitaire sera plus important après une période de sécheresse, lorsque les animaux brouteront préférentiellement vers des zones humides. La quantité de bouses augmentera dans ces zones. Et les bouses étant riches en L3, le risque d'ingestion de larves infestantes par les bovins augmente dans ces zones de pâturage spécifique.

### **3. Les strongles gastro-intestinaux chez les bovins : Pathologie prépondérante des bovins au pâturage**

Les SGI représentent la pathologie prépondérante chez les bovins à l'herbe. Ils affectent principalement les jeunes bovins lors de leurs deux premières saisons de pâture. L'évolution des strongyloses est plutôt chronique et se caractérise principalement par des retards de croissance (Armour et al. 1979; D. J Shaw et al. 1998; D. J. Shaw et al. 1998). Outre l'aspect sanitaire, ces infestations représentent un manque à gagner pour les éleveurs (Charlier et al. 2014).

#### **3.1. Principales strongyloses bovines**

##### **3.1.1. Ostertagiose bovine**

L'ostertagiose bovine est due à *Ostertagia ostertagi*, parasite histophage et chymivore de la caillette des bovins. L'infestation par ce parasite se décline en trois phases (Institut de l'élevage 2008).

- **L'ostertagiose de type 1** est principalement retrouvée à l'issue de la première saison de pâture, en fin d'été ou durant l'automne. Elle se caractérise par un défaut de fonctionnement de la caillette due aux entrées et sorties successives des larves

L4 dans la muqueuse de cette dernière. Les signes cliniques qui en découlent sont non spécifiques avec une diarrhée légère sans atteinte de l'état général et/ou un poil piqué.

- L'**ostertagiose de pré-type 2** est due aux larves L4 en hypobiose dans la muqueuse de la caillette. Tant que la larve reste enkystée, aucun signe clinique n'est présent.
- L'**ostertagiose de type 2**, se déclare lors de la levée d'hypobiose des L4, au printemps généralement. Lors d'une infestation massive, le désenkystement simultané d'un grand nombre de larves entraîne des lésions sévères au niveau de la paroi de la caillette. L'état général de l'animal est alors rapidement affecté (anémie, amaigrissement marqué et aigu, œdème, diarrhée sévère, déshydratation). Une évolution conduisant à la mort de l'animal est possible. En revanche, une infestation faible reste généralement subclinique. Les répercussions zootechniques engendrées sont un retard de croissance et une perte de GMQ (gain moyen quotidien).

Lors d'un examen nécropsique, les lésions macroscopiques de la caillette sont une hyperplasie pariétale et la présence de nodules blanchâtres d'un à deux millimètres de diamètre. A l'histologie, les cellules des glandes gastriques spécialisées dans la synthèse de HCl et de mucus sont remplacées par des cellules indifférenciées.

### 3.1.2. Coopérose

Cette parasitose due à *Cooperia oncophora*, parasite chymivore de l'intestin grêle, est plus courante mais beaucoup moins pathogène que l'ostertagiose. Elle est principalement retrouvée chez les veaux en première saison de pâture. Les signes cliniques sont dus à une diminution de la capacité d'absorption des nutriments mais ils restent généraux et relativement identiques à l'ostertagiose subclinique avec de la diarrhée, une baisse du GMQ voir un amaigrissement chez les animaux les plus atteints.

## 3.2. La physiopathologie des strongyloses gastro-intestinales

La présence des vers adultes dans le tube digestif, quel que soit l'organe dans lequel ils se trouvent, entraîne une accélération de la motricité digestive, donc une diminution du temps de contact entre la muqueuse et les nutriments. De plus, les vers causent des lésions au niveau de la muqueuse.

Les lésions au niveau de la caillette sont principalement dues à *O. ostertagi*. Les cellules pariétales sont détruites ce qui entraîne une augmentation du pH de la caillette (Mihi et al. 2014). Pour compenser ce phénomène, la gastrine va être synthétisée en plus grande quantité, or cette hormone est responsable d'une diminution de l'appétit ainsi que de l'augmentation de la production de pepsinogène (Coop, Kyriazakis 1999). La muqueuse étant altérée, elle laisse passer des molécules de dimension plus importante, et le pepsinogène produit se retrouve alors dans la circulation sanguine. Histologiquement, les lésions retrouvées sont l'hyperplasie et l'épaississement des tissus de la caillette (Purewal et al. 1997).

Les lésions intestinales sont principalement dues à *C. oncophora*. L'effet abrasif du parasite sur les villosités intestinales entraîne une fuite plasmatique et une diminution de l'activité enzymatique.

L'ensemble de ces phénomènes traumatiques se traduit par de la malabsorption et de la mal-digestion.

### **3.3. Parasitose subclinique et/ou impacts zootechniques des SGI**

Les phénomènes de malabsorption et de maldigestion causés par l'altération des muqueuses gastro-intestinales ainsi que la diminution de la prise et de l'efficacité alimentaire impactent négativement l'absorption protéique (Charlier et al. 2018). Les impacts zootechniques observés sont principalement dus à ce déficit protéique. Or, parallèlement, la réparation des dégâts tissulaires, le besoin de maintien de l'homéostasie et la mise en place d'une réponse immunitaire efficace contre les SGI augmentent de façon concomitante le besoin protéique de l'animal. La différence engendrée entre la ressource protéique disponible et la ressource protéique nécessaire est à l'origine des impacts cliniques et subcliniques retrouvés chez les animaux parasités (Armour, Bairden, Preston 1980; Szyszka et al. 2013).

Même si les infestations par *Ostertagia* sont fréquemment subcliniques (Vercruysse, Claerebout 2001), elles engendrent tout de même une baisse d'appétit, se traduisant inéluctablement par une diminution de la croissance chez les jeunes (D. J. Shaw et al. 1998; Dimander et al. 2000; Högberg et al. 2019; Charlier et al. 2010; Merlin et al. 2017). Or les retards de croissance chez les jeunes altèrent leurs performances futures : retard de l'âge au premier vêlage, retard de développement des glandes mammaires chez les génisses (donc la production laitière et la croissance des veaux par la suite) (Perri et al.

2013), le bien-être des animaux va également être négativement impacté (Szyszka et al. 2013; Högberg et al. 2019). L'impact économique pour l'éleveur est d'autant plus important que les conséquences de ces infestations se calculent à long terme (Fanke et al. 2017). Certaines études comparent des lots de jeunes bovins traités aux AH ou non et montrent un impact de l'infestation par les SGI sur le GMQ (Merlin et al. 2015; Ploeger, Kloosterman 1993). Les conséquences sont visibles à différents niveaux, impactant en premier lieu le troupeau mère avec l'allongement de la période d'élevage des génisses de renouvellement et la réduction de la fertilité, mais aussi la production directe avec la diminution du poids des carcasses et la baisse du rendement laitier, sans oublier le coût des traitements anthelminthiques et l'augmentation du coût de la main d'œuvre qui doivent être pris en compte lors du calcul des pertes économiques causées par les SGI (Charlier et al. 2020).

### **3.4. Les conséquences d'un déficit protéique en filière allaitante**

Lors de parasitoses digestives le métabolisme protéique des ruminants est affecté. A terme cela peut conduire à des déficits protéiques dont les conséquences ne sont pas négligeables. En filière laitière cela peut se traduire par une baisse de production laitière, une diminution du taux protéique, une altération de la qualité du tissu mammaire. En filière allaitante, les conséquences d'un manque en protéine est moins étudié mais il se traduira généralement par une diminution du GMQ, une diminution du poids carcasse à l'abattage mais aussi une altération des paramètres de reproduction, ainsi qu'une réduction de l'efficacité alimentaire (Bisset 1994; Gross, Ryan, Ploeger 1999; Charlier et al. 2009; Rashid et al. 2019; Sykes 1994; Corwin 1997).

#### **3.4.1. Impact sur la croissance des veaux**

Chez les jeunes bovins non immunisés, une charge parasitaire élevée peut engendrer des retards de croissance (Armour et al. 1979; D. J Shaw et al. 1998; D. J. Shaw et al. 1998). Ce ne doit en aucun cas être négligé car les performances futures de l'animal peuvent en être fortement impactées, que ce soit chez les veaux destinés à l'engraissement ou chez les génisses destinées au renouvellement du troupeau.

#### **3.4.2. Impacts zootechniques sur le troupeau adulte**

L'étude de Charlier et al. de 2009 montre un effet délétère des SGI sur les performances de reproduction en élevage laitier (Charlier et al. 2009). Les effets des traitements AH et de la durée du temps de contact effectif (TCE) avant vêlage ont davantage été étudiés sur la production laitière : si le TCE enregistré avant le premier vêlage est faible, la réalisation d'un traitement AH pourra améliorer la production laitière. Dans l'étude de Ravinet et al. de 2014, un TCE est qualifié de faible s'il est inférieur à 8 mois. Selon cette même étude, les résultats obtenus en élevage laitier pourraient être applicables aux troupeaux allaitants. Cependant les génisses allaitantes vêlent plus tardivement, les TCE avant le premier vêlage sont donc plus longs, ce qui leur laisse davantage de temps pour acquérir une immunité concomitante correcte. Ainsi, l'usage d'AH chez des vaches adultes allaitantes paraît encore moins pertinent qu'en élevage laitier. En élevage allaitant, les AH doivent seulement être utilisés pour maintenir un équilibre entre les parasites et les jeunes bovins durant l'acquisition de l'immunité de contact (Ravinet et al. 2014).

### **3.5. Les conséquences économiques pour l'éleveur en filière allaitante**

L'estimation du coût économique précis du parasitisme gastro-intestinal est difficile à établir car les pertes engendrées résultent d'une conjonction de plusieurs facteurs. Outre le parasitisme par les SGI, les animaux peuvent être atteints d'une autre parasitose ou maladie, mais aussi présenter un stress nutritionnel ou souffrir d'un mode de gestion inadapté du troupeau. Comme le revenu de l'éleveur dépend directement du GMQ et de la qualité des carcasses (Charlier et al. 2014), une croissance lente aura de multiples répercussions dont l'allongement de la période d'élevage ou bien la vente de carcasses plus légères. Or les marges des éleveurs sont faibles, une perte de production, même minime, aura des conséquences non négligeables (van der Voort et al. 2013). Bien que les pertes de production soient multi-factorielles et que la part de perte imputable aux SGI reste difficile à quantifier, une gestion efficace des strongyloses sera bénéfique à l'éleveur (Hawkins 1993; Shephard et al. 2022).

Plusieurs auteurs montrent l'impact négatif des SGI sur la croissance des jeunes bovins (Shephard et al. 2022; Stromberg et al. 2012). En 2022, la méta-analyse de Shephard et al. met en évidence une corrélation négative entre l'intensité d'excrétion d'oeufs de SGI, exprimée en Oeufs Par Gramme de matières fécales (OPG), et le gain moyen quotidien (GMQ), chez les jeunes bovins lors de leur première saison de pâturage. En outre, ces

auteurs démontrent également qu'un contrôle efficace de la charge parasitaire est rentable pour l'éleveur.

Cependant, l'infestation par les SGI est multifactorielle, de ce fait le seuil d'OPG à partir duquel un traitement doit être initié semble devoir être fixé au cas par cas. Dans l'étude de Shephard et al. de 2022, les paramètres à prendre en compte pour fixer ce seuil sont la charge parasitaire à laquelle l'animal est exposé, les pertes économiques imputables aux SGI, le coût des analyses diagnostiques, et enfin le coût des traitements AH (Shephard et al. 2022).

La croissance est négativement corrélée au niveau de pression parasitaire et au nombre de traitements antiparasitaires administrés. Plus la pression parasitaire est élevée, plus la croissance est lente et plus le recours au traitement AH est important (Faux et al. 2017). Ainsi, aux pertes directes de production, il faut rajouter le coût des frais vétérinaires et des traitements AH ainsi que le déficit d'acquisition d'immunité chez les génisses de renouvellement, donc un manque à gagner supplémentaire sera à ajouter si un traitement AH est nécessaire lors de leur seconde saison de pâture, voire plus tard (Vercruysse, Hilderson, Claerebout 1994).

## **4. Les moyens de dépistages des strongyloses bovines**

### **4.1. La coproscopie**

La coproscopie permet de quantifier le nombre d'œufs de strongles digestifs excrétés dans les fèces des ruminants. L'excrétion, bien qu'elle soit intermittente, met en évidence la présence de vers adultes dans le tube digestif de l'animal. La relation entre charge parasitaire et résultat coproscopique est meilleure chez les jeunes bovins non immuns que sur les adultes (Ravinet et al. 2015). Ainsi, chez les jeunes bovins à l'herbe, une coproscopie 6 à 8 semaines après la mise à l'herbe permet une première évaluation de la charge parasitaire. Des études menées principalement en élevage laitier montrent un gain intéressant de croissance des génisses après traitement si ces génisses excrètent en moyenne plus de 200 opg en milieu de saison de pâture (D. J. Shaw et al. 1998). En pratique, en élevage allaitant une coproscopie est réalisée à la rentrée en bâtiment. Or

cette dernière sera intéressante pour évaluer le risque parasitaire notamment celui lié aux paramphistomes. Concernant le risque lié aux SGI, à la rentrée en bâtiment et chez de jeunes bovins, il est préférable de réaliser un dosage de pepsinogène.

#### **4.2. Le dosage du pepsinogène comme marqueur d'exposition au parasitisme**

La technique de dosage individuel du pepsinogène sanguin permet de quantifier le niveau de contact parasitaire entre *Ostertagia* et un bovin en première saison de pâture. Le pepsinogène est synthétisé au niveau de la caillette par les cellules fundiques. Il est ensuite libéré dans la lumière de l'organe et activé sous forme de pepsine. Lors de lésions de la caillette, les cellules pariétales spécialisées dans la synthèse d'acide chlorhydrique (HCl) seront également lésées. Or, le HCl permet la conversion du pepsinogène en pepsine. Ces lésions diminuent la synthèse d'HCl qui diminue inévitablement la proportion de pepsinogène activée en pepsine. Ainsi, la quantité de pepsinogène augmente et une partie plus importante de ce dernier passe dans le secteur sanguin. Ce phénomène est aggravé par la destruction des jonctions serrées de la muqueuse (Jorgensen et al. 1976; Kerboeuf 1979b).

La méthode utilisée est une **mesure indirecte** reflétant les lésions de la caillette et par extension la présence d'*Ostertagia* dans la caillette.

Ce dosage, s'il est fait à la rentrée en stabulation, peut aider à la décision de mise en place ou non d'un traitement de rattrapage, ainsi que d'estimer les risques de contamination résiduelle de la pâture lors de la mise à l'herbe au printemps suivant. Le dosage ne doit se faire que chez les animaux jeunes car de nombreux facteurs font augmenter le taux de pepsinogène chez les individus adultes. Le dosage dès le milieu de la première saison de pâture permet de refléter l'exposition et le niveau d'infestation des veaux à *Ostertagia* (Eysker, Ploeger 2000).

En pratique, le dosage est fait sur sérum afin de diminuer la variabilité des résultats, ce sérum peut être congelé sans que cela n'altère les résultats. Cependant, le dosage ne doit pas être fait dans les 3 mois suivant un traitement anthelminthique.

Dans une logique de rentabilité pour l'éleveur, l'analyse pepsinogène en mélange avec des lots homogène peut être envisagée. Or cela nécessite la constitution de ces lots, homogènes en âge, en historique de pâture et historique de traitements, et de taille importante, minimum 10 individus. Cependant, les analyses en mélange n'auront pas d'intérêt particulier car la mise en place de l'immunité spécifique est individu dépendante. :



L'interprétation individuelle des résultats sera la suivante (Roy 2017) :

- Entre 300 et 600 mUTyr : retrouvé chez des veaux naïfs, n'ayant jamais pâturé. Contact insuffisant avec le parasite pour le développement d'une immunité correcte.
- Entre 1000 et 2000 mUTyr : reflète un faible contact parasite – hôte, l'animal n'aura pas acquis d'immunité mais les conséquences économiques de l'infestation sont nulles.
- Entre 2000 et 3000 mUTyr : reflète un contact parasitaire important, l'acquisition de l'immunité sera considérée comme bonne et les conséquences économiques restent faibles.
- > 3000 mUTyr : reflète un contact parasitaire massif, le risque d'ostertagiose de type II est important, le développement de formes cliniques est non négligeable ainsi que les conséquences économiques qui en résultent.

Ainsi, un animal dont le dosage de pepsinogène est inférieur ou égal à 600mUTyr peut être considéré comme non ou pas suffisamment exposé aux strongles digestifs (Kerboeuf, Le Garff, Mage 1981).

Cette méthode est laborieuse et très sensible, elle doit être réalisée en laboratoire spécialisé. Le coût de ces analyses reste globalement élevé à l'échelle d'un troupeau, entre 12 et 15 euros Hors Taxe par individu.

#### **4.3. La mesure du taux d'anticorps anti-*Ostertagia* comme marqueur d'exposition au parasitisme**

Le taux d'anticorps anti-*Ostertagia* peut être mesuré à l'aide d'une technique ELISA. La méthode initialement mise au point à partir d'un échantillon de lait est également réalisable à partir de sérum sanguin. C'est une méthode immunologique indirecte qui quantifie le taux d'immunoglobulines (IgG) réagissant avec des antigènes de vers *Ostertagia ostertagi* adultes. Ainsi, la mesure du taux d'AC anti-*Ostertagia* est le reflet soit de l'ingestion de larves L3 soit de la réactivation des larves L4 enkystées (Agneessens et al. 1997; Ploeger, Kloosterman, Rietveld 1995).

## 5. Régulation naturelle des SGI par les bovins

### 5.1. La mise en place d'une réponse immunitaire contre les strongyloses bovines

#### 5.1.1. Généralités

L'immunité à l'encontre des SGI, aussi appelée immunité concomitante ou immunité de prémunition, dépend directement du temps de contact avec le parasite, plus précisément avec les larves de SGI. Elle dépend également de l'espèce de SGI responsable de l'infestation (Gasbarre 1997; Vercruysse, Claerebout 2001). Ce type d'immunité se caractérise par une faible infestation permanente permettant de limiter l'installation des parasites (Claerebout, Dorny, et al. 1998; Claerebout, Vercruysse, et al. 1998).

La notion de temps de contact effectif (TCE) reflète le temps de contact parasitaire des primipares lors de leur intégration au troupeau adulte. Il dépend de la durée d'exposition aux parasites et de l'intensité de cette exposition qui dépendent elles-mêmes du challenge parasitaire et de la charge parasitaire (Vercruysse, Claerebout 1997). Le TCE des génisses de renouvellement doit être suffisant afin que les animaux intégrant le troupeau adulte soient correctement immunisés contre les SGI. Le TCE se calcule en fonction des semaines passées au pâturage, auxquelles sont soustraites les périodes où l'animal était sous traitement anthelminthique. En plus de réduire le temps de contact avec le parasite, les AH réduisent aussi l'intensité de ce contact. Chez les jeunes, cela engendre un retard d'acquisition de l'immunité (Vercruysse, Hilderson, Claerebout 1994). De plus, les périodes de pâturage nécessitant une complémentation en fourrage font également diminuer le TCE.

L'immunité contre les strongles parasites de l'intestin grêle, tels que *Cooperia* et *Nematodirus*, se met rapidement en place. En pratique, 10 à 12 semaines de pâturage en moyenne suffisent aux animaux pour présenter une diminution de l'excrétion des œufs de parasites (Ploeger, Kloosterman, Rietveld 1995; Alzieu, Ravinet, Chauvin 2013). A l'issue de ces semaines de pâturage, les bovins sont considérés comme immunisés contre les SGI de l'intestin, cela est donc possible dès leur première saison de pâture (Armour et al. 1979; Vercruysse, Claerebout 1997).

Concernant les *Ostertagia*, parasites de la caillette, la réponse immunitaire acquise est plus lente à se mettre en place. Les animaux sont considérés comme immunisés uniquement après une à deux saisons de pâturage. Deux phénomènes expliquent la nécessité d'un temps de contact plus long à l'acquisition d'une immunité suffisante. Premièrement, la capacité du ver à échapper à la réponse immunitaire via la modification de ses produits d'excrétion-sécrétion au cours de son développement. Et deuxièmement, les larves d'*Ostertagia* sont très peu immunogènes (Gasbarre 1997). En effet, les larves L3 présentent des composants antigéniques semblables aux tissus de la caillette. Cela permet aux L3 de rentrer rapidement dans les glandes gastriques et d'initier leurs mues en L4 en 4 à 6h. Ainsi, une fois à l'intérieur de ces glandes les larves L4 d'*Ostertagia* n'ont pas la faculté d'engendrer de réponse immunitaire majeure. De ce fait, le bovin n'a que peu de temps pour initier la mise en place d'une réponse immunitaire contre les L3 d'*Ostertagia*.

Une étude expérimentale montre une diminution de 65 % de l'installation du parasite après au moins 6 mois de pâturage consécutives. L'étude montre que le recours à un traitement AH diminue ce pourcentage. Ainsi, la diminution de l'installation du parasite chute à 28 % en cas d'administration d'un bolus d'ivermectine ; et à 54 % lors d'un traitement avec deux injections de doramectine (Claerebout, Dorny, et al. 1998).

Le mimétisme antigénique d'*O. ostertagi* et le contact fugace avec le stade infestant le plus immunogène expliquent que le temps de contact effectif (TCE) soit plus long pour *Ostertagia* que pour *Cooperia*. Un TCE d'au moins 6 à 8 mois paraît nécessaire à l'acquisition d'une immunité acceptable à l'encontre des larves d'*Ostertagia* (Claerebout et al. 1996). Pour un animal primo-infesté, l'implantation des larves d'*Ostertagia* est de 30 %, puis elle diminue au fil des semaines de contact avec les parasites (MTES 2020). La diminution de l'implantation des larves L3 est de 50 % avec un TCE de 5 mois, 90 % à 8 mois et 99 % à 11 mois. Chez les bovins correctement immunisés, l'implantation n'est plus que de 0,03 % à 0,05 % (soit une diminution de 99,5 à 99,7 % de l'implantation larvaire) (Grenfell, Smith, Anderson 1987).

En conclusion, pour qu'un bovin soit considéré comme immunisé contre les SGI, un TCE compris entre 21 et 35 semaines semble nécessaire (Claerebout et al. 1996; Ravinet et al. 2014).

### 5.1.2. La réponse immunitaire innée

La réponse immunitaire innée est non spécifique et rapide à se mettre en place. Deux phénomènes expliquent cela.

Premièrement, l'effet mécanique protecteur de la paroi digestive permis par les jonctions serrées, le renouvellement rapide des cellules épithéliales, la sécrétion de mucus, ainsi que par le péristaltisme. Cela permet dans un premier temps de limiter l'adhésion des pathogènes à la paroi digestive.

Deuxièmement, les structures reconnues comme étant du non-soi vont activer les mécanismes de l'immunité innée. Dans un premier temps ces mécanismes sont communs à tous les pathogènes. Les macrophages et les granulocytes polynucléaires initient la phagocytose des éléments étrangers et l'activation du complément a lieu. De plus, les cellules M, du tissu lymphoïde, vont absorber les antigènes des parasites présents dans la lumière intestinale. Puis après avoir traversé la *lamina propria*, les mettre en contact avec les cellules présentatrices d'antigène (CPA), c'est à ce moment là que se fait le lien avec l'immunité adaptative et la transmission de l'antigène aux lymphocytes T puis B pour la constitution d'anticorps spécifiques.

### 5.1.3. La réponse immunitaire acquise (adaptative)

La réponse immunitaire adaptative est spécifique donc plus longue à se mettre en place. Elle débute dès la migration des cellules M lors de leur mise en contact avec une structure reconnue comme étant du non-soi, soit un antigène d'un parasite dans notre cas. La migration vers la plaque de Peyer, organe lymphoïde de la muqueuse digestive, permet la transmission de cet antigène parasitaire aux CPA qui migrent ensuite vers les nœuds lymphatiques mésentériques où se déroule la présentation des antigènes parasitaires aux lymphocytes T CD4. S'en suit l'émission d'un signal de co-stimulation pour la différenciation et la multiplication des autres lymphocytes T.

L'immunité adaptative peut être orientée Th1 ou Th2. Les mécanismes d'orientation sont pour l'heure mal connus. Mais, les strongyloses bovines entraînent une orientation plutôt Th2 avec un taux élevé en interleukine 4. Ce type d'interleukine va fortement stimuler la production de granulocytes éosinophiliques, de mastocytes et de lymphocytes B. Ainsi, la majorité des anticorps synthétisés sont des IgG1, IgE et des IgA. Les IgA produites localement par les plasmocytes ont la capacité de migrer vers la muqueuse digestive, sous la couche épithéliale. A ce moment là, les IgA peuvent neutraliser les enzymes

métaboliques libérées par les parasites, et ainsi interférer avec la fécondité des vers adultes.

Les impacts connus de la mise en place de cette immunité sur les SGI installés chez l'hôte sont :

- La diminution de la fertilité des vers adultes femelles. Cela s'explique par la diminution de la taille des vers femelles engendrée par la réponse immunitaire. Or, la diminution de la taille globale des vers, entraîne la diminution de leur capacité de ponte ;
- L'augmentation de la proportion de larves L4 qui entrent en inhibition de développement, c'est-à-dire que l'hypobiose est favorisée et le développement des larves ralenti. Le retard du développement endogène conduit à l'augmentation de la durée de la période prépatente ;
- L'augmentation du péristaltisme et de la sécrétion de mucus entraînent l'augmentation de l'expulsion des vers adultes ;
- L'immunité mise en place chez les animaux permet également d'acquérir une résistance face à l'implantation de nouvelles larves infestantes.

En définitive, cette immunité concomitante n'est pas une immunité complète, elle permet de limiter les infestations. Cette immunité reste activée via la présence des vers adultes et des larves L4 en dormance et permet d'aboutir à un équilibre dynamique entre l'hôte et le parasite.

## **5.2. Les animaux résistants : lutter contre les SGI directement avec l'hôte**

La **résistance** est l'aptitude à limiter la charge parasitaire. Le déroulement du cycle endogène peut être perturbé à plusieurs niveaux comme la diminution de l'installation, du développement, de la fécondité et de la survie des vers.

La **résilience** représente la capacité de maintien des performances zootechniques en dépit de la présence du parasite.

La résilience peut dans le cas des parasitoses digestives être augmentée par l'augmentation de la part protéique dans la ration, pour combler le déficit protéique induit

par les parasites. Mais cette alternative n'est pas économiquement intéressante à moyen et long terme. Mais elle peut être envisagée sur de courtes périodes ciblées (Hoste et al. 2009; Hoste, Torres-Acosta 2011).

#### 5.2.1. Hétérogénéité de la résistance des hôtes

Il existe une variabilité génétique de résistance et de résilience aux nématodes dans les populations d'hôtes. Premièrement, les bovins sont les ruminants qui développent l'immunité la plus importante et la plus aboutie à l'encontre des SGI (Hoste et al. 2010). L'âge est aussi un facteur de variation puisqu'il est directement lié au statut immunitaire de l'animal envers les SGI. Les jeunes bovins en première et seconde année de pâture ont une sensibilité plus importante aux SGI que les bovins adultes. Enfin, toujours en lien avec les compétences immunitaires de l'animal, ces dernières pourront être influencées par le statut physiologique du ruminant. Chez les premières années de pâture, les défauts d'immunité sont multi-factoriels : mauvaise prise colostrale, parasitoses juvéniles de type cryptosporidiose ou coccidiose, ration inadaptée, lait de mauvaise qualité ou en trop faible quantité, carence en oligo-éléments et / ou vitamines, affections sous-jacentes. Chez les adultes, les déficits immunitaires seront également multi-factoriels. Le post-partum est également une période d'immunodépression.

#### 5.2.2. La part de la génétique dans les phénomènes de résistance et de résilience

Le lien entre génétique et parasitisme est établie depuis les années 40 (Gowen 1948). La répercussion du parasitisme sur l'hôte est variable en fonction de leur résistance ou de leur résilience. Ces animaux résistants abritent quantitativement moins de parasites adultes, et ceux présents sont de taille plus réduite et sont moins prolifiques. Résistance génétique et résilience ont des composantes génétiques (Bishop, Morris 2007). Cependant, il est difficile de préciser la part du fond génétique dans ces variations phénotypiques, l'influence environnementale étant toujours présente.

Chez les ovins, le principal critère phénotypique utilisé dans la sélection de la résistance aux SGI est l'intensité d'excrétion des œufs, très fortement corrélée à la charge parasitaire chez les ovins (Cabaret, Gasnier, Jacquet 1998). Or, dans l'espèce bovine, l'intensité d'excrétion des œufs peut être un bon indicateur du nombre de vers du genre *Cooperia*, mais ce n'est pas le cas pour *Ostertagia* où le dosage du taux sérique de pepsinogène ou le GMQ seront de meilleurs marqueurs de la charge parasitaire. De plus, chez les bovins

ces observations ne sont possible qu'en première saison de pâture du fait du développement d'une résistance acquise au cours des mois de pâturage (Gasbarre, Leighton, Sonstegard 2001).

Des études menées chez les ovins pour déterminer l'héritabilité du caractère « intensité d'excrétion des œufs de strongles » montrent des résultats variables entre 0,11 et 0,66, soit une héritabilité modérée (Gauly, Erhardt 2001; Sayers, Sweeney 2005). Chez les bovins, cette **héritabilité** est estimée à **0,3** dans les travaux de Gasbarre (2001) et entre **0,06 et 0,33** dans ceux de (Passafaro et al. 2015).

Toujours dans la recherche de réduction d'utilisation des traitements AH, des programmes de sélection génétique tentent de mettre en place des schémas de sélection de béliers reproducteurs conférant une résistance génétique à leur descendance. Un protocole de sélection en Manech Tête Rousse basé sur le dénombrement d'OPG en condition d'infestation expérimentale a permis la sélection de béliers reproducteurs utilisables sur le terrain en schéma de sélection classique pour augmenter la résistance au parasitisme des descendants (Aguerre 2019).

Toujours chez les ovins, le recours à la cartographie génétique a permis d'identifier des portions de génome impliquées dans ces phénomènes de résistance (Sayers, Sweeney 2005). Chez les bovins, les recherches ont permis de mettre en évidence du polymorphisme sur les gènes de la mucine (MUC12) et de la phosphatase alcaline intestinale (ALPI) qui semble être en lien avec la résistance de ces animaux (Gasbarre, Leighton, Sonstegard 2001; Li et al. 2015).

En définitive, la compréhension du déterminisme génétique reste complexe et à ce jour davantage étudié chez les ovins.

### 5.2.3. Variations individuelles

Par extrapolation à ce qui se fait chez les ovins, le principal caractère à étudier concernant la résistance aux SGI est l' «intensité de l'excrétion des opg ». Des variations de phénotypes existent concernant l'excrétion de ces opg. Ainsi, les animaux fortement ou faiblement excréteurs se différencient via un ou des caractères en partie héritable.

Les travaux de Gasbarre de 2001 montrent une différence d'excrétion chez des veaux de première année de pâture au sein d'un même lot. Au cours de la saison de pâture, trois profils d'excrétion se dessinent (Figure 2).

- Les veaux ayant une faible amplitude d'excrétion d'œufs tout au long de leur première saison de pâture (courbe bleu) apparaissent comme ayant une résistance innée aux SGI.
- Les veaux avec une amplitude d'excrétion en cloche (courbe verte), où le nombre d'œufs augmente au cours des deux premiers mois de pâture puis retrouve un niveau faible en fin de saison de pâture. Ce phénomène serait compatible avec un mécanisme de résistance acquise au cours de la saison de pâturage.
- Et enfin, les veaux dont le nombre d'œufs excrétés augmente tout au long de la saison (courbe rouge) et chez qui aucun mécanisme de résistance au SGI n'est visible lors de la première mise à l'herbe.

Dans cette étude, les pourcentage de veaux appartenant à chacune de ces catégories sont respectivement de 25, 50 et 25 pour cent (Gasbarre, Leighton, Sonstegard 2001).

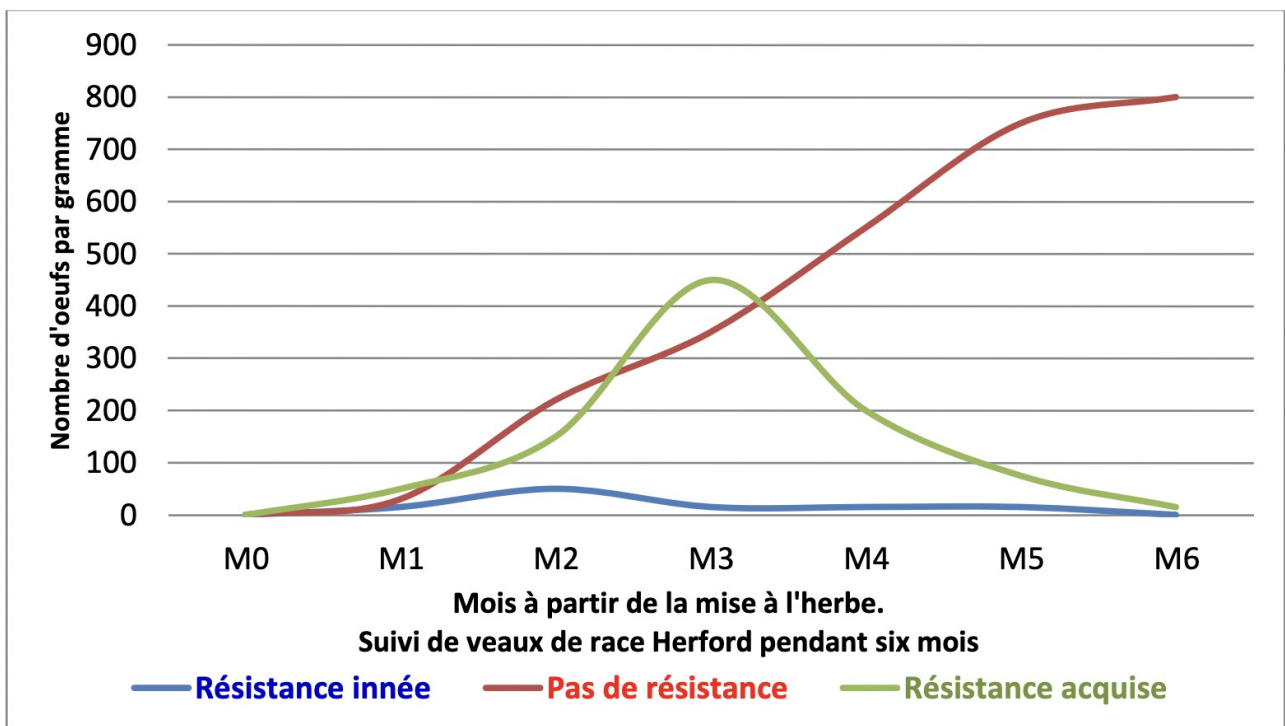


Figure 2 : Les trois profils d'excrétion des œufs de SGI au cours de la première saison de pâture selon Gasbarre.

Source : P. Jacquet (selon Gasbarre 2001).



## 6. Maîtrise des SGI à l'aide des anthelminthiques en élevage bovin

### 6.1. Les anthelminthiques : action directe sur les parasites

- Molécules à disposition :

Le tableau 4 présente les différentes molécules anthelminthiques utilisables chez les bovins en France.

Famille	Benzimidazoles et Probenzimidazoles	Imidazothiazoles	Lactones macrocycliques	Salicylanides
<i>Molécules (utilisables chez les bovins)</i>	Fénbendazole Oxfendazole Albendazole Netobimin (précurseur)	Lévamisole	→ Avermectines : Ivermectine Doramectine Eprinomectine → Milbémycines : Moxidectine	Closantel Nitroxylnil
<i>Mode d'action</i>	- Inhibition de la polymérisation de la Béta-tubuline, entraîne une désorganisation du cytosquelette  - Compétiteur de la colchicine, entraîne un épuisement des réserves énergétiques.	Cholinomimétique entraînant une paralysie spastique du vers (ouverture canaux Na <sup>+</sup> et dépolarisation post-synaptique)	Fixe récepteurs glutamate des canaux Cl <sup>-</sup> des synapses neuromusculaires des Nématodes, entraîne une paralysie du vers du à l'entrée massive de Cl <sup>-</sup> dans les neurones.	Molécules lipophiles inhibent la phosphorylation oxydative des mitochondries privant le parasite d'énergie.
<i>Métabolisme</i>	- métabolisation rapide  - élimination biliaire, fécale et urinaire	<u>Oral</u> : absorption rapide, pic plasmatique en 2 à 4h et élimination en 48h <u>Parentéral</u> : Pic plasmatique en 1 à 2h, métabolisé par le foie et éliminé via urines et fèces en 48h.	Molécules lipophiles qui s'accumulent dans les tissus graisseux puis progressivement redistribuées dans le sang et autres tissus.	Fortement liées aux protéines plasmatiques donc excrétion très lente.

<u>Rémanence</u>	Aucune « action flash »	Aucune « action flash »	Plusieurs semaines (entre 2 et 17 semaines) → Dépendante de la molécule, du parasite et de l'engraissement de l'animal traité.	Plusieurs semaines (entre 4 et 8)
<u>Spectre</u>	Strongles digestifs et pulmonaires adultes et L4  Ovicide	Strongles digestifs adultes  Strongles pulmonaires adultes	Strongles digestifs et pulmonaires  Adulticide et larvicide  Actifs sur L4 en hypobiose	Strongles digestifs hématophages uniquement (adultes et L4) ⇒ Cible surtout les Trématodes chez les bovins en zone tempérée.
<u>Action sur L4</u>	Partielle	Non	Oui	Partielle
<u>Forme pharmaceutique</u>	⇒ Voie Orale - Suspension buvable - Bolus	⇒ Voie Orale - Suspension orale - Bolus ⇒ Injectables ⇒ <i>Pour-on</i>	⇒ <i>Pour-on</i> ⇒ Injectable	⇒ Injectable ⇒ Buvable

Tableau 4 : Molécules anthelminthiques utilisables chez les bovins et leurs propriétés.

Source : Unité pédagogique de parasitologie ENVT

Chez les bovins, les lactones macrocycliques sont majoritairement utilisées (Sutherland, Leathwick 2011). Cela s'explique premièrement par leur large spectre : elles sont actives aussi bien contre les nématodes endoparasites que contre les ectoparasites. De plus, de par les nombreuses formulations existantes (en particulier des formulations *Pour-on*), elles s'adaptent facilement à la façon de travailler de l'éleveur (praticité de traitement et recherche de rémanence ou non).

## 6.2. L'utilisation non rationnelle des AH conduit à des phénomènes de résistance

La résistance à un AH se caractérise par une augmentation du nombre de parasites qui survivent à une dose habituellement létale de cet AH.

Ce type de résistance est acquis via des mutations génétiques spontanées et aléatoires de la séquence d'ADN. Cette mutation génétique sera conservée si elle confère à

l'individu un avantage de survie lors de l'utilisation d'AH. Ce type de résistance génétique est ensuite transmissible génétiquement (Sutherland, Leathwick 2011). La pression de sélection exercée par les AH conduit petit à petit à la sélection de parasites résistants. Ainsi, dans le milieu étudié, la population de parasite sensible disparaît sous l'action des AH, tandis que la population résistante perdure. Les individus résistants vont se multiplier jusqu'à coloniser entièrement le milieu, prenant la place des individus sensibles. Parallèlement, la fréquence des allèles résistants va augmenter au sein de la population. Les phénomènes de résistances sont associés aux individus homozygotes possédant les deux allèles conférant la résistance (Leathwick, Besier 2014).

D'autres mécanismes de résistance existent. C'est le cas de certains mécanismes de détoxification avec par exemple la sur-expression en quantité et/ou en efficacité d'enzymes telles que les hydrolases et les réductases qui permettent de dégrader directement les AH. Mais aussi certaines structures intra-membranaires spécifiques comme les ABC transporteurs qui permettent l'évacuation des molécules toxiques (AH) et empêchent ainsi leurs actions.

### **6.3. La problématique de la résistance**

Les pratiques à risque favorisant l'émergence de résistances sont multiples, les plus courantes sont décrites ci-dessous.

Le **sous-dosage**, fréquent chez les bovins, de part l'estimation difficile du poids des animaux à traiter. De plus, la formulation des produits anthelminthiques, notamment les **Pour-on**, peut elle aussi être à l'origine d'un sous-dosage dû à des **variations de biodisponibilité** entre les animaux traités (Gayraud, Alvinerie, Toutain 1999). Cela s'explique par le léchage entre les animaux, mais aussi par les conditions d'application (tondre la ligne du dos avant application améliore la biodisponibilité), les conditions climatiques (animaux non protégés des intempéries après application du produit) (Bousquet-Mélou et al. 2011). De plus, le sous-dosage peut également être dû à l'utilisation d'une **molécule rémanente**. Car les concentrations vont diminuer petit à petit dans le temps, et ainsi la concentration sera létale pour les populations de L3 sensibles mais pas pour les populations de L3 résistantes (Leathwick, Besier 2014).

La fréquence de traitement et l'utilisation d'anthelminthiques avec une rémanence inadaptée aboutit à l'**absence de conservation de population refuge** du parasite. Une population refuge est une population de parasites non soumise à l'action des AH, donc non sélectionnée lors du traitement. La conserver permet de conserver des gènes de sensibilité et diluer les gènes de résistance (van Wyk 2001; Kenyon et al. 2009). La population refuge peut être divisée en trois catégories :

- Les parasites chez les animaux n'ayant pas eu de traitement ;
- Les stades libres du parasite sur les pâtures ;
- Les stades inhibés (hypobiose) chez les l'hôte, non sensibles à l'AH utilisé.

Pour conserver une population refuge satisfaisante, il faut cibler les animaux à traiter, cibler la période à laquelle le traitement doit être réalisé, et utiliser une rémanence adaptée au risque parasitaire. Il est crucial de cibler les périodes de forte infestation telle que la rentrée en stabulation ou bien les périodes humides.

Pour finir, l'**utilisation systématique de la même molécule ou famille de molécule** aboutit à une forte pression de sélection sur les parasites. Or, les habitudes d'élevage, en particulier en bovins allaitants, conduisent dans de nombreux cas à des vermifugations systématiques sans réflexion et ciblage approfondi des animaux à traiter ou des périodes de traitements à favoriser et donc, souvent inutiles. De plus, les formulations *Pour-on* sont très appréciées des éleveurs, en France 70 % des traitements endectocides sont appliqués de cette façon. De par leur facilité d'utilisation, ces formulations sont très prisées en élevage allaitant. Mais la réalité de terrain, avec parfois une contention difficile des animaux, un pelage épais, des animaux en extérieur soumis aux intempéries mais aussi le temps restreint que l'éleveur peut accorder à cette tâche expliquent qu'ils ne soient pas correctement appliqués dans la majorité des cas.

## **6.4. La mise en évidence des phénomènes de résistances**

### 6.4.1. Généralités

La résistance aux AH est avérée chez les bovins en France (Dravigney et al. 2022). Jusqu'à présent, le phénomène a davantage été étudié chez les petits ruminants, notamment en ovins laitiers dans le piémont pyrénéen et le bassin de Roquefort. Les études menées ont permis de comprendre certains mécanismes de ces résistances aux AH et ainsi de réfléchir aux mesures à mettre en place afin de ne pas se retrouver dans

une impasse thérapeutique avec à terme des terres agricoles où l'élevage au pâturage ne serait plus possible.

Les recherches s'intéressant aux bovins sont plus récentes et de nombreuses pistes restent à investiguer. Mais, le principe du développement de résistance à l'encontre des AH est le même. L'utilisation non raisonnée d'un petit nombre de molécules AH entraîne une forte pression de sélection sur les populations parasites et donc l'émergence et la diffusion de résistances (Sutherland, Leathwick 2011; Rose et al. 2015).

#### 6.4.2. Dépistage des phénomènes de résistance

Le dépistage de phénomène de résistance chez les SGI bovin peut se faire selon quatre outils :

- Des outils moléculaires (PCR allèle spécifique) quand le déterminisme génétique de la résistance est bien connu (cas des benzimidazoles) ;
- Le test d'éclosion des œufs (benzimidazoles) ;
- Le test de développement et/ou de migration larvaire ;
- Le test de réduction d'excrétion fécale post-traitement (FECRT).

<b>Famille de molécules AH</b>	<b>Outils moléculaire (PCR)</b>	<b>Test d'éclosion des oeufs</b>	<b>Test de développement et/ou de migration larvaire</b>	<b>Test de réduction d'excrétion fécale post-traitement (FECRT)</b>
<b><u>Benzimidazoles</u></b>	Oui ⇒ Permet le génotypage donc la localisation de la mutation.	Oui	Oui	Oui
<b><u>Lévamisole</u></b>	Oui ⇒ En cours de développement	X	⇒ Laboratoire spécialisé	⇒ Réalisable par le vétérinaire traitant.
<b><u>Lactones macrocycliques *</u></b>	X	X		

\* À tester séparément de l'ivermectine et de la moxidectine.

Tableau 5 - Méthodes de dépistage des résistances à disposition et en fonction des molécules d'intérêts.

Source : Unité Pédagogique de parasitologie ENVT (cours A6)

Selon l'Association mondiale pour la promotion de la parasitologie vétérinaire (WAAVP), les deux tests de références de mise en évidence d'une résistance sont :

- *In vitro*, le test d'inhibition de l'éclosion des œufs qui doit être utilisé pour tester une résistance aux benzimidazoles. Il calcule le rapport d'inhibition d'éclosion par rapport à une souche de parasites sensibles lors de la mise en contact d'œufs de SGI embryonnés (après incubation de 48h à 25° à différentes concentrations de Benzimidazoles).
- *In vivo*, le FECRT (Test de réduction de l'excrétion fécale des œufs,) qui doit être mis en oeuvre (Coles et al. 2006; Eysker, Ploeger 2000). Sur le terrain, une première coproscopie quantitative est réalisée (OPG1) à J0, au moins 4 semaines après la fin de tout traitement anthelminthique. A J0 un traitement AH est réalisé, puis à Jx une seconde coproscopie quantitative est réalisée (OPG2). Le « x » varie en fonction de l'AH testé :
  - Entre 10 et 14 jours pour les benzimidazoles ;
  - Entre 14 et 17 jours pour les avermectines ;
  - Entre 17 et 21 jours pour la moxidectine ;
  - Si plusieurs molécules sont testées en même temps, un délai de 14 jours est appliqué.

Puis, le FERCT est calculé selon la formule :

$$\text{FECRT} = ((\text{OPG1} - \text{OPG2}) / \text{OPG1}) * 100$$

L'interprétation du FERCT est la suivante :

- De 0 à 80 % de réduction : Résistance avérée ;
- De 80 à 90 % : Résistance probable ;
- De 90 à 95 % : Suspicion de résistance
- Si > 95 % : la molécule utilisée est encore efficace contre la population de SGI.

Le FECRT est le test utilisé pour dépister l'apparition de résistance sur le terrain. Il est réalisable par les vétérinaires traitants. Cependant, ce test est plus difficile à réaliser chez les bovins que chez les petits ruminants, car l'excrétion d'œufs est plus faible chez les bovins que chez les petits ruminants. Ce test ne permet qu'une détection tardive des phénomènes de résistances. Néanmoins, il est intéressant à réaliser principalement sur les génisses de première saison de pâture et au pic d'excrétion, soit plutôt au milieu de la saison de pâturage. Pour compenser cette faible excrétion, la méthode de coprologie utilisée doit être la plus sensible possible, il est conseillé d'utiliser la technique du Mini-

Flotac<sup>®</sup>, dont la limite de détection est de 5 OPG, plutôt que les cellules de MacMaster. De plus, il est plus compliqué en bovin qu'en petits ruminants de constituer des lots homogènes et de taille assez importante. Il faut idéalement 15 individus par lot, 10 au minimum voir 20 si le taux d'excrétion est très faible. Les lots doivent regrouper des animaux du même âge, de la même race, ayant pâTURÉ de la même façon, sur les mêmes parcelles et ayant le même historique de traitement anthelminthique, si traitement il y a eu (Kaplan 2020).

La réalisation de coprologie individuelle est préconisée par la WAAVP. Cependant, sur le terrain, il faut veiller à réduire les coûts d'analyse pour les éleveurs. Ainsi, pour des raisons pratiques, chez les bovins, les analyses en mélange à partir de 5 à 10 animaux peuvent être proposées en première intention (Ravinet et al. 2018; Chartier et al. 2020; Rinaldi, Veneziano, Cringoli 2007).

## **6.5. État des lieux des phénomènes de résistance**

### 6.5.1. En Europe

La plupart des pays Européens font face à l'émergence de résistance aux AH chez les bovins.

- En Belgique et en Allemagne, même si les études menées montrent une efficacité correcte des benzimidazoles, ce n'est plus le cas de l'ivermectine dont l'efficacité a diminué de plus de 50 % dans les élevages testés (Demeler et al. 2009) ;
- L'efficacité de la moxidectine et de l'ivermectine est diminuée dans plus de la moitié des élevages testés en Espagne, le phénomène est aussi présent aux Royaume-Uni et en Allemagne même s'il est pour le moment plus modéré (Geurden et al. 2015; Martínez-Valladares et al. 2012) ;
- Une autre étude datant de 2018 montre une résistance à l'ivermectine dans 50 % des élevages bovins Danois testés (Peña-Espinoza 2018).

Les lactones macrocycliques semblent donc principalement affectées par ce phénomène, mais ce sont également les plus utilisées et testées à l'heure actuelle.

### 6.5.2. En France

En France, peu d'études se sont pour le moment intéressées à la problématique des résistances aux AH chez les bovins, encore moins dans les élevages allaitants. Actuellement, deux études montrent des résistances à l'ivermectine et à la moxidectine

chez des génisses laitières dans le Nord de la France. Concernant l'ivermectine, des phénomènes de résistance sont été mis en évidence dans 25 % des élevages testés (3/12). Pour ce qui est de la moxidectine, ce pourcentage monte à 38 % des élevages (3/8). Dans ces 2 études, c'est le genre *Cooperia* qui apparaît comme le nématode présentant le plus de résistance (Geurden et al. 2015; Chartier et al. 2020).

Plus récemment, dans le Cantal, une étude menée sur des génisses laitières et allaitantes, en conditions d'élevage extensif et sous un climat continental peu propice au développement des larves a mis en évidence des phénomènes de résistance aux benzimidazoles et à l'ivermectine. Dans 2 élevages laitiers parmi les 11 testés, des populations d'*Ostertagia ostertagi* résistantes aux benzimidazoles ont été mises en évidence. Concernant l'ivermectine, des populations de *Cooperia oncophora* et d'*Ostertagia ostertagi* résistantes ont été retrouvées dans 6 élevages (dont 4 laitiers et 2 allaitants) sur les 11 testés (Dravigney et al. 2022).

Aucune donnée spécifique à la région du piémont pyrénéen n'est actuellement disponible actuellement.

## 6.6. L'écotoxicité des anthelminthiques

L'impact de certains AH sur la faune et la flore non-cible est important (Lumaret et al. 2012). La faune non cible (diptères et coléoptères coprophages en particulier) est essentielle à l'équilibre biologique des écosystème pâturés. L'effet éco-toxique est surtout reconnu pour les lactones macrocycliques car elles ont un large spectre, sont très peu transformées par l'organisme et donc excrétées sous forme active dans les matières fécales. Elles atteindront aisément les parasites gastro-intestinaux ciblés mais également les insectes, acariens et autres nématodes du sol non cibles. Ce sont également des molécules très peu biodégradables, elles ont ainsi la capacité de s'accumuler dans le sol. De plus, lors de traitement sous-forme *Pour-on*, la posologie est plus élevée. 5 microgrammes par kg de poids vif avec les formulations *Pour-on* contre 2 µg/kg de poids vif avec les formes injectables. L'utilisation des *Pour-on* augmente la quantité de molécule bio-active retrouvée dans l'environnement. L'ensemble de ces caractéristiques explique leur caractère fortement écotoxique. Parmi toutes les LM, les avermectines montrent la plus forte toxicité directe pour les insectes coprophages tels que les bousiers. Or, l'action de ces derniers est essentielle au recyclage de la matière organique dans les prairies. La



moxidectine montre une toxicité aiguë moins importante que les avermectines sur les bousiers mais elle induit des effets toxiques non létaux et elle est surtout plus persistante dans le sol et plus bioaccumulable que les avermectines (Verdú et al. 2018). Les AH ayant le plus faible impact sur les écosystèmes sont le lévamisole et les métabolites des benzimidazoles (McKellar 1997; Lumaret, Errouissi 2002; Lumaret et al. 2012).

Ainsi, l'utilisation des molécules à large spectre et rémanentes (telles que les LM) serait à éviter entre mai et août, période du cycle de reproduction des insectes coprophages.

## 6.7. L'usage raisonné des anthelminthiques

Chaque vétérinaire se doit de respecter le code de déontologie vétérinaire et s'engage ainsi à utiliser certaines molécules de façon raisonnée et raisonnable. Les anthelminthiques font partie de ces molécules.

Article R.242-46 du code de déontologie vétérinaire, « le vétérinaire ne doit pas, par quelque procédé ou moyen que ce soit, inciter ses clients à une utilisation abusive de médicaments. (...) Il veille à une utilisation prudente et raisonnée des agents antimicrobiens et antiparasitaires afin de limiter le risque d'apparition d'une résistance ».

### 6.7.1. Pourquoi mettre en place un usage raisonné des anthelminthiques ?

L'utilisation raisonnée des anthelminthiques est nécessaire pour les raisons suivantes :

- Pour limiter l'apparition et la diffusion des **phénomènes de résistance** ;
- Pour limiter l'impact **éco-toxique des AH** sur les écosystèmes où pâturent les animaux traités ;
- Pour éviter le **retard d'installation de l'immunité acquise** chez les jeunes bovins traités (Claerebout, Vercruyse, et al. 1998; Eysker, Ploeger 2000). En effet, certains traitements AH très rémanents diminuent le temps de contact entre l'animal traité et les parasites. Or, l'immunité que l'animal va acquérir au fil du temps passé au pâturage dans le cas des SGI est le pilier central de la conduite de troupeau au pâturage sans recours aux AH ;
- Pour faire économiser des coûts de traitement à l'éleveur.

## 6.7.2. Le traitement ciblé-sélectif : pilier de l'usage raisonné des anthelminthiques

### 6.7.2.1. Le traitement ciblé-sélectif (TCS)

La définition du traitement ciblé-sélectif est de ne traiter au moment opportun qu'un nombre restreint d'animaux, préalablement sélectionnés. Ne pas traiter tous les animaux permet de conserver une population refuge de parasites et de ralentir le développement de la résistance.

En identifiant les périodes où le risque parasitaire est le plus fort et en ne traitant qu'à ces moments là les individus susceptibles de développer une strongylose clinique et/ou d'excréter une grande quantité d'oeufs, le risque parasitaire peut être maîtrisé et les performances zootechniques maintenues.

### 6.7.2.2. « Ciblé » : savoir quand traiter en identifiant les périodes de pâturage à risque parasitaire élevé

La date de traitement optimale doit être identifiée pour chaque lot au pâturage. Or, les variations du risque parasitaire sont multi-factorielles et dépendent :

- De la gestion et de la conduite de pâturage ;
- Des conditions météorologiques, notamment la température et l'humidité qui influent grandement sur la vitesse de développement des larves ;
- Du temps de contact effectif des animaux avec les parasites, qui permet d'évaluer où en est l'animal dans l'acquisition de son immunité envers les SGI.

Pour aider à l'identification de ces périodes à risque, des outils de modélisation informatiques du risque parasitaire ont été développés. Ces modèles miment le recyclage parasitaire en incluant les facteurs suivants : conduite de pâturage, rotation de parcelle, pâturage mixte ou co-pâturage, chargement, traitements AH, complémentation alimentaire, conditions météorologiques, ... Les éleveurs peuvent ainsi visualiser théoriquement les périodes favorables à l'installation de l'immunité avec une faible pression parasitaire. Ces périodes à très faible risque parasitaire permettront à l'animal de rester au pâturage sans couverture AH et laisser ainsi son immunité à l'encontre des SGI se développer.

Cependant, ces outils informatiques sont développés pour l'élevage des génisses laitières comme PARASIT'SIM®, disponible sur le site de l'Institut de l'Élevage

[https://idele.fr/parasitsim/parasitsim?tx\\_idelepcalc\\_pcalc%5Bactio%5D=risques&tx\\_idelepcalc\\_pcalc%5Bcontrolle%5D=calc&cHash=aa52334d9b4419fffeaf1378b35555b2](https://idele.fr/parasitsim/parasitsim?tx_idelepcalc_pcalc%5Bactio%5D=risques&tx_idelepcalc_pcalc%5Bcontrolle%5D=calc&cHash=aa52334d9b4419fffeaf1378b35555b2)).

Leur utilisation en condition d'élevage de génisses allaitantes rustiques utilisant du pâturage extensif donne des résultats mais qui sont à prendre avec précaution. En effet, en élevage allaitant, il est courant de faire pâturer les adultes et les jeunes ensemble. Et le système ne prend pas en compte le fait que les adultes immunisés retardent l'augmentation de la pression parasitaire sur les parcelles. Réaliser des études de terrain permettrait de refléter plus justement l'exposition et la pression parasitaire sur des troupeaux allaitant selon différentes conditions de pâturage (Eysker, Ploeger 2000).

In fine, l'identification du risque à des dates clés permet à l'éleveur de savoir s'il est nécessaire ou non de traiter. En pratique, deux dates clés se dessinent :

- 8 semaines après la mise à l'herbe, un examen coproscopique permet d'évaluer la nécessité d'un traitement AH en cours de saison de pâturage (Shaw et al. 1997; Ploeger, Kloosterman 1993).
- lors de la rentrée en stabulation, le dosage du pepsinogène sérique sur chaque lot (même traitement AH, même conduite de pâturage) de génisses de première année de pâture sera l'examen de choix comme marqueur indirect de la charge parasitaire en *Ostertagia* (Kerboeuf et al. 2002). Cela permettra d'évaluer si le TCE a été suffisant pour la mise en place d'une immunité anti-*Ostertagia* compétente. Pour cela, les génisses doivent avoir un taux de pepsinogène supérieur à 1 000 mUTyr/litre (Kerboeuf, Le Garff, Mage 1981; Kerboeuf et al. 2002).

Certains éleveurs essayent de limiter au maximum le recours aux examens de laboratoire. L'identification des animaux ou des lots à traiter se fera donc sur une analyse rétrospective de la saison de pâturage : date de mise à l'herbe, durée du pâturage, complémentation de ration, ... En 2016, Merlin et al., montrent qu'une mise à l'herbe avant le mois de juin couplée à une durée de pâturage d'au moins 6 mois et demi et d'une absence de complémentation caractérise les lots de génisses fortement exposées aux SGI (niveau élevé de pepsinogène sérique à la rentrée en bâtiment). Ils montrent également que les croissances des animaux de ces lots fortement exposés sont impactées (Merlin et al. 2016).

- Les outils informatiques, comme Parasit'sim®, peuvent également servir à limiter le recours aux examens de laboratoire. Du moment où une troisième génération

larvaire apparaît, le risque parasitaire devient élevé (Chauvin, Ravinet, Vermesse 2015).

#### 6.7.2.3. « Sélectif » : savoir qui traiter en identifiant les génisses de renouvellement à risque

La sélection des individus à traiter à un moment précis se fait majoritairement en fonction de la croissance des animaux (GMQ). L'étude de Hoglund et al de 2009 place un seuil de GMQ théorique à 750g/j, 4 à 8 semaines après le début de la mise à l'herbe (Höglund et al. 2009). En 2016, Merlin et al. montrent que le GMQ individuel est négativement corrélé à la quantité d'AC anti-*Ostertagia* (exprimé en RDO, Ratio de Densité Optique). Ainsi, les jeunes bovins à traiter pourrait être sélectionner selon leurs performances de croissance. Les veaux avec les GMQ les plus bas seraient à traiter préférentiellement.

Ainsi, même si le GMQ n'est pas spécifique au parasitisme, il apparaît comme un indicateur intéressant et facile à mesurer pour évaluer la résistance et la résilience des jeunes bovins aux SGI. Cependant, les stratégies d'identification des génisses à traiter sélectivement doivent être consolidées.

#### 6.7.2.4. En pratique on traite qui, quand et comment ?

##### **Cas des animaux de moins de 18 mois**

- Ce sont des animaux qui ne sont pas complètement immunisés. Afin de rationaliser et optimiser les analyses de laboratoire, il est important de constituer des lots regroupant le même type d'animaux. Ces lots doivent être constitués en partie en fonction de l'âge, de la période d'infestation, des performances zootechniques, de l'état clinique (retard croissance, poils piqués).
- Entre 6 et 8 semaines après la mise à l'herbe, une coproscopie peut être réalisée. Un traitement est préconisé en cas de résultats d'excrétion supérieure à 200 opg. Ce traitement sera rarement nécessaire, mais s'il a lieu, il aura pour but de limiter les pertes économiques dues à *Cooperia oncophora* (D. J Shaw et al. 1998).
- A la rentrée en stabulation, un dosage de pepsinogène sanguin permet d'évaluer les risques liés à *Ostertagia* chez les génisses en première et deuxième années de pâture, notamment le risque d'ostertagiose de type de 2 lors de la levée d'hypobiose au printemps suivant. Si un traitement est nécessaire, il doit être fait rapidement après la rentrée en étable. La réalisation d'une coproscopie à la rentrée

à l'étable permettra d'évaluer l'infestation éventuelle par des douves ou des paramphistomes.

- En conséquence, une gestion équilibrée du parasitisme en 1ère année de pâture avec un pepsinogène sérique moyen compris inférieur à 1000 mUTyr permet une bonne croissance, la constitution d'une immunité performante par préservation d'une partie de la population parasitaire hivernale et permet de réduire l'utilisation d'antiparasitaires en seconde année de pâture. En dessous de ce seuil, et si l'animal est en bonne santé, il n'est pas conseillé de traiter. Tels sont les conseils que l'on pourra donner aux éleveurs (MTES 2020).
- Suivre la croissance des animaux durant leurs deux premières années de mise à l'herbe avec *a minima* une pesée à la sortie et à la rentrée de pâturage est un bon indicateur quand au suivi parasitaire du troupeau à l'échelle individuelle et collective.

### **Cas des animaux de plus de 18 mois**

- Sur les animaux plus âgés, le raisonnement est plutôt à l'échelle individuelle. Dans ce cas là, une coproscopie individuelle est recommandée chez les animaux présentant une diminution des performances zootechniques (diminution de la production laitière, retard de croissance) ou des signes cliniques généraux tels que de l'amaigrissement, un poil piqué ou de la diarrhée. En effet, les recommandations actuelles préconisent de ne pas traiter les adultes à l'exception de certaines primipares laitières lors de leur première lactation (Ravinet et al. 2014).

Dans tous les cas, la prise en compte des spécificités de races, de pratiques d'élevages, de types de production, ainsi que les limites techniques est essentielle pour faire évoluer la gestion du parasitisme en élevage. Dans le cas des races rustiques telle que la gasconne des Pyrénées, la rusticité des animaux et le type de pâturage pratiqué influent sur la charge parasitaire à laquelle les animaux sont soumis. Cependant, ce type de pratique d'élevage comporte également des contraintes techniques telles que la manipulation difficile des animaux lors des périodes de pâturage que ce soit à des fins diagnostique, préventive ou bien curative.

## **7. Maîtrise des SGI grâce à la gestion du pâturage**

Il existe de nombreuses pratiques de pâturage à risque d'un point de vue parasitaire. Parmi elles, le surpâturage où les animaux vont être contraints de brouter plus proche des bouses et plus près du sol. Le pâturage d'une parcelle unique durant une longue période, voire durant toute la période de mise à l'herbe sera également à éviter, qui plus est lorsque la période de pâturage est très longue. L'automne est une période clé car les larves se sont accumulées durant toute la saison de pâture. Ainsi, les animaux qui restent sur ces parcelles infestées vont voir leur charge parasitaire augmenter très rapidement.

Les estives sont un cas particulier dans le sens où elles permettent une dilution importante des parasites et parce qu'un assainissement partiel est possible durant l'hiver. Et il a été montré qu'en système de pâturage extensif, davantage utilisé en deuxième ou troisième saison de pâture ainsi qu'en système transhumant, la réduction du risque parasitaire est significative (MTES 2020).

### **7.1. Les bonnes pratiques de pâturage pour diminuer la pression parasitaire**

Les bonnes pratiques visent à une exposition contrôlée des bovins envers les SGI, permettant la mise en place d'une immunité efficace (Stilmant, Faux, Decruyenaere 2019). La dilution de la charge parasitaire sera permise par l'utilisation du pâturage tournant, le maintien d'un chargement faible, l'alternance entre fauche et pâture, ainsi que l'utilisation du pâturage mixte. L'étude de 2017 de Faux et al. souligne l'importance du pâturage tournant et du faible chargement. Ils montrent une corrélation positive entre la croissance des génisses et le nombre de parcelles pâturées. De plus, ils montrent que le chargement est corrélé à l'utilisation d'AH et à la pression parasitaire (Faux et al. 2017).

Des pratiques préventives peuvent aussi être utilisées comme l'utilisation de parcelles indemnes de parasite : nouveau semis, culture dérobée, ou bien regain après fauche. Toutefois la pression parasitaire est influencée par les conditions pédo-climatiques. En effet, le type de sol, l'humidité et l'altitude vont faire varier les cinétiques de développement parasitaire. Ainsi, plus l'altitude est élevée, moins le risque parasitaire est élevé ; et plus le sol est humide et perméable plus le risque parasitaire est élevé (Fruttschi Mascher, Juillerat, Heckendorn 2015).

Actuellement, les recommandations visant à une diminution du recyclage parasitaire et in fine de la pression parasitaire sont :

#### 7.1.1. Recommandations vis-à-vis du chargement :

La quantité de larves infestantes L3 présentes sur le pâturage augmente en fonction du carré du nombre d'animaux présents sur ce pâturage (MTES 2020). Un chargement faible, inférieur à 2 ou 3 UGB est recommandé. En climat océanique, les conditions sont très favorables au recyclage parasitaire, il est donc recommandé de ne pas dépasser 2 UGB / ha.

#### 7.1.2. Recommandations vis-à-vis de la hauteur d'herbe :

La hauteur d'herbe doit être comprise entre 10 et 13 cm à l'entrée des animaux sur la parcelle. Elle ne doit pas être pâturée en dessous de 6 cm car la majorité des larves se situent sur les 5 premiers centimètres d'herbe en partant du sol. De plus, un pâturage plus ras, rallonge le temps de repousse. Par exemple, faire pâturer un centimètre de plus retarde la repousse d'une semaine. En outre, ne pas respecter ces hauteurs diminue la valeur alimentaire de l'herbe ingérée (Remience et al. 2012).

#### 7.1.3. Recommandations vis-à-vis de la rotation des parcelles :

Une **rotation des parcelles** avec un délai minimum de 4 semaines avant un retour sur la parcelle est recommandée.

D'après l'étude de Remience et al en 2013, effectuer une rotation sur deux parcelles plutôt qu'une seule permet de diminuer la charge parasitaire de 40 à 60 %. Si cette rotation est effectuée sur trois parcelles la diminution de la charge parasitaire atteint même 80 %. Cela s'explique par le ralentissement de succession des générations parasites sur la parcelle. Dans le cas d'une parcelle unique, une troisième génération parasite est présente dès le mois de septembre, tandis que lors d'une rotation sur trois parcelles la seconde génération parasite n'est présente que début novembre lors du troisième passage sur la parcelle (Remience et al. 2012).

#### 7.1.4. Recommandations vis-à-vis de la date de mise à l'herbe :

Une **mise à l'herbe tardive est à préférer.**

#### 7.1.5. Recommandations vis-à-vis de la complémentation alimentaire au pâturage :

La complémentation diminue l'infestation en limitant le surpâturage et en augmentant la résilience des bovins, notamment si un apport plus important en protéines est réalisé. Cela permet de compenser la spoliation faite par les parasites et permet aux bovins de maintenir des compétences immunitaires correctes. Cependant, si le chargement est faible et les hauteurs d'herbe pâturée sont respectées, elle n'est pas nécessaire. En outre, certaines études montrent une production de carcasses plus lourdes si une complémentation en concentrés lors de la période de pâturage est effectuée (Soulat et al. 2022; Drouillard, Kuhl 1999).

## 7.2. La pratique du pâturage mixte

### 7.2.1. Le pâturage mixte pour réduire la charge parasitaire des parcelles

Le pâturage mixte peut prendre plusieurs formes selon le système d'élevage utilisé, trois grands types de pâturage mixte se dessinent (Tableau 6) :

Dimension spatiale	<b>Rotation</b> Plusieurs parcelles pâturées successivement	<b>Continu</b> 1 seule parcelle pâturée	
Dimension temporelle	<b>Alterné</b> Chaque espèce de ruminants pâturent à tour de rôle	<b>Simultané</b> Les 2 espèces pâturent ensemble	
<b><u>Type d'association</u></b>	<b><u>Rotation- Alterné</u></b>	<b><u>Rotation - Simultané</u></b>	<b><u>Continu-Simultané</u></b>

Tableau 6 : Les différents types de pâturage mixte existant.

Sources : IDELE : <https://idele.fr/autosysel/06bl-tech-pat>

### 7.2.2. Le pâturage mixte intra-espèce adultes-jeunes

« Une larve d'*Ostertagia* ingérée deviendra un ver adulte excréteur dans 70 % des cas sur un veau et dans 0,1 % des cas seulement sur un adulte correctement immunisé » (Guérin 2010). Ainsi, les bovins adultes correctement immunisés permettent de diminuer le recyclage parasitaire des SGI en s'infestant moins et plus lentement (Agneessens et al. 1997). Faire pâturer les couples mères-veaux permet de diviser par 5 la quantité d'oeufs excrétée dans le milieu (Satrija, Nansen 1993). Afin que le pâturage entre adultes et jeunes diminue la pression parasitaire, il est nécessaire que les adultes soient correctement immunisés contre les SGI (Agneessens et al. 1997). Cette diminution ne sera pas possible dans le cas de parcelles sur-infestées ou de bovins adultes



immunodéprimés (vêlage, carences, affections sous-jacente, ...). De plus, des adultes correctement immunisées excrètent quand même des œufs de parasites sur la parcelle et pérennisent ainsi la présence des strongles sur les parcelles.

### 7.2.3. Le pâturage mixte inter-espèces : bovins - ovins

Généralement, le pâturage mixte fait référence à un mélange d'espèces améliorant les croissances individuelles et les croissances à l'hectare des animaux (d'Alexis et al. 2015). Cette pratique ancienne est de nouveau plébiscitée par le développement des pratiques agroécologiques et la recherche d'alternatives aux AH (Nolan, Connolly 1977; Nicol 1997). La réussite de la mise en place d'un tel pâturage est multi-factorielle. Elle dépend notamment du climat, de la physiologie des animaux, de la pression de pâturage et des proportions entre espèces de ruminants mélangés (Fraser et al. 2007). Le plus classiquement, ce pâturage s'effectue entre bovins et ovins. Pour ne pas diminuer la performance globale des 2 ateliers, un ratio compris entre 4 et 5 ovins par bovin est recommandé (Hamilton 1970).

### 7.2.4. Le cas du pâturage mixte inter-espèces : bovins - équins

L'étude du pâturage simultané entre les chevaux et les bovins allaitants est en cours. Deux projets sont actuellement menés par l'INRAE et l'IFCE en France avec PaturBovEquin et EquiBov. Les premiers résultats semblent prometteurs avec une homogénéisation du couvert végétal se traduisant par la diminution des zones de refus et l'amélioration de la valeur alimentaire de la prairie. De plus l'utilisation des AH est diminuée chez les équidés et des bénéfices de croissance chez les bovins sont mis en évidence. La proportion idéale recommandée serait de 3 UGB équins pour 7 UGB bovins. A noter, qu'il existe deux parasites de pâturage communs entre les équins et les bovins qui sont *Fasciola hepatica* et l'espèce de SGI *Trichostrongylus axei*. Un effet dilution chez les équidés est possible, l'impact sur l'excrétion d'œufs chez les bovins ne semble pas encore avoir été étudié (Forteau et al. 2019 ; Heckendorn et al. 2021).

### 7.2.5. Les effets et intérêts du pâturage mixte

#### 7.2.5.1. Effet sur le parasitisme

Les différentes espèces de ruminants n'étant pas sensibles aux mêmes SGI, le pâturage mixte permet une dilution des parasites. Les cycles de développement parasitaire vont être interrompus lors de l'ingestion des larves de SGI par un hôte qui n'est pas leur hôte

définitif habituel. Ainsi, les parasites se retrouvent dans un cul-de-sac épidémiologique. La réduction du parasitisme est possible que le pâturage mixte soit simultané avec les deux espèces ou réalisé de façon alterné (Barger 1997 ; d'Alexis et al. 2015).

#### *7.2.5.2. Effet du pâturage mixte sur les performances de croissance*

Le pâturage mixte est connu pour améliorer la production de viande chez des animaux tout en limitant le parasitisme. Les études menées jusqu'à présent montrent des bénéfices zootechniques plus élevés chez les petits-ruminants que chez les bovins. En effet, chez les bovins le gain de performance est variable selon les études. Certaines montrent une croissance équivalente à celle des bovins pâturant en mono-espèces (Bennett et al. 1970; Jones et al. 2006; d'Alexis et al. 2015). D'autres travaux trouvent un gain de croissance compris entre 3 et 10 % (Nolan, Connolly 1989; Ocokoljic et al. 1969). Une étude plus ancienne montre une diminution de croissance de l'ordre de 15 à 20 % (Culpin, Evans, Francis 1964). A minima, le pâturage mixte inter-espèce permet de diminuer le recours aux AH et d'améliorer l'écosystème prairial (Hoste et al. 2010; Jackson et al. 2009; Mahieu 2014).

#### *7.2.5.3. Effet sur la valorisation alimentaire de l'herbe pâturée*

Les stratégies alimentaires sont différentes en fonction des ruminants. Ainsi, ils n'effectuent pas la même pression de sélection sur les espèces végétales prairiales. L'étude de Nolan et al. de 1996 montre que le pâturage mixte permet d'accroître la valeur alimentaire des parcelles et de réduire la biomasse résiduelle (Nolan 1996).

#### *7.2.5.4. Intérêt agro-écologique de cette pratique*

L'intérêt agroécologique est multiple. Le pâturage mixte permet de maintenir une diversité au niveau des productions de l'élevage et une diversité des parasites, nématodes, présents dans l'élevage. De plus, en limitant les quantités d'AH utilisés la faune non-cible est préservée. Cela favorise le maintien de la biodiversité et la pérennité des sols (Rinaldi, Veneziano, Cringoli 2007). Le pâturage mixte permet également d'optimiser l'exploitation des parcelles en limitant les refus. Ainsi le recours aux machines agricoles est diminué, ce qui permet de réduire le phénomène de compactage des sols et d'améliorer leur pérennité en maintenant une bonne aération du sol.

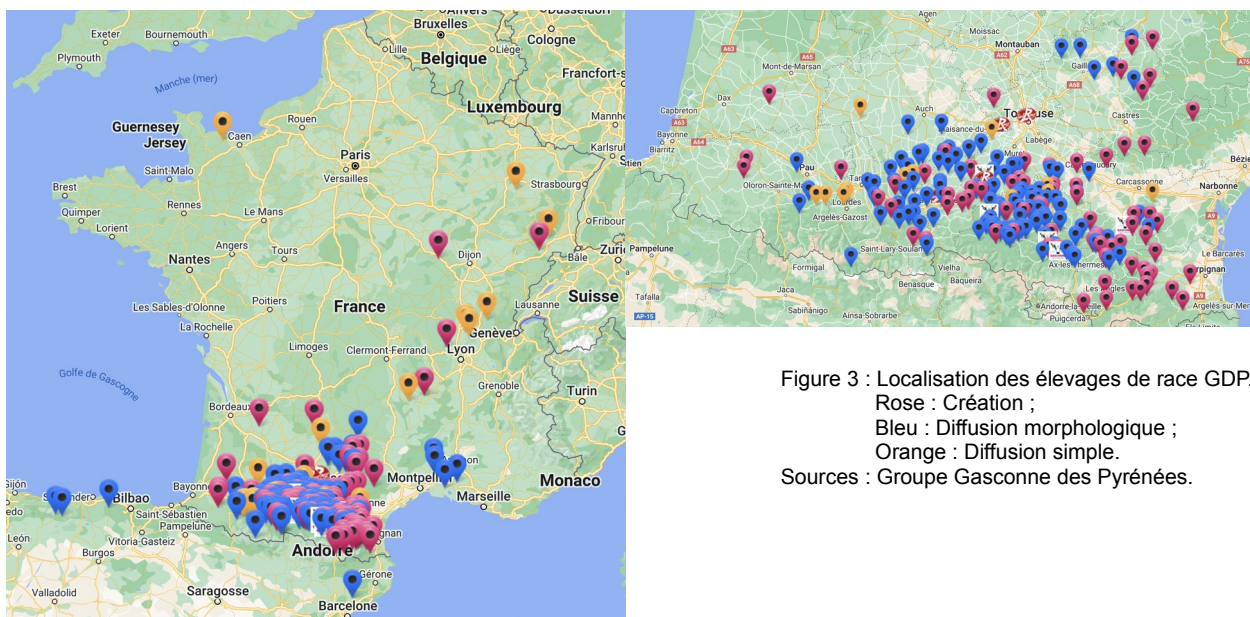
#### *7.2.5.5. Intérêt économique du pâturage-mixte*

Économiquement, aucune étude récente ne quantifie le bénéfice de la mise en place d'un pâturage mixte. Mais la diversification des productions, l'optimisation de l'herbe comme fourrage, la diminution de traitements AH sont autant de conséquences qui laissent penser que l'éleveur a tout à y gagner. En gardant en tête que les contraintes liées à la mise en place d'un tel pâturage, ainsi que la gestion simultanée de plusieurs espèces sont inévitables.

## PARTIE 2

### Présentation de la race Gasconne des Pyrénées

En France, la race Gasconne des Pyrénées (GDP) compte environ 20 000 mères dont pratiquement la moitié en sélection. Le sud-ouest regroupe la majorité des élevages (Figure 3). Depuis peu, la rusticité remarquable de la race lui a permis de s'exporter, notamment en Europe de l'Est et en Amérique du Sud.



La race GDP est une race rustique par excellence. Ses aplombs lui permettent de très bonnes aptitudes de marche en terrain abrupt. Son pelage court et dense la protège contre les parasites externes et les conditions climatiques difficiles. Les changements de couleur de sa robe en fonction des saisons contribuent à son adaptabilité aux variations thermiques. De plus, ses capacités d'ingestion et de valorisation des ressources alimentaires lui permettent un potentiel de croissance important, qu'elle soit en ration riche en bâtiment ou au pâturage. C'est une race très efficace, elle permet de valoriser tout type de pâture. Ainsi, la majorité des troupeaux sont mis à l'herbe en mai et rentrés en bâtiment courant novembre. Une part importante des troupeaux transhume.

Les critères morphologiques permettant cette rusticité sont au cœur des objectifs de sélection, parmi eux (Groupe Gasconne des Pyrénées 2021) :

- Le rendement carcasse doit être autour de 60 %. Il représente le poids carcasse froide par rapport au poids vif avant abattage. Le poids vif moyen des femelles est

de 700 kg et celui des mâles de 1 050 kg ; le poids carcasse moyen des femelles est de 400 kg et de 550 kg pour les mâles ;

- La finesse des os et de la peau ;
- La largeur et la profondeur de poitrine, indicatrice de la capacité d'ingestion ;
- La rectitude de la ligne du dos et la conformation des aplombs ;
- Chez les femelles, la facilité de vêlage, l'inclinaison et la conformation du bassin sont évaluées notamment via la largeur bis-iliaque médiane, de la hauteur sacro-pubienne ; chez les mâles reproducteurs, c'est l'ouverture pelvienne qui est mesurée ;
- Le poids léger des veaux à la naissance, autour de 40 kg, puis leur croissance rapide ;

La majeure partie de la production est sous Label Rouge, garantissant ainsi un produit de qualité, issu de systèmes d'élevages traditionnels non intensifs. Les pratiques garanties par ce label sont les suivantes (Groupe Gasconne des Pyrénées 2021) :

- Un élevage des veaux sous la mère au moins jusqu'à 5 mois d'âge ;
- Un minimum de 6 mois de pâturage annuel ;
- Un engraissement au foin, à la luzerne et aux céréales et l'interdiction de fourrages humides dans les deux derniers mois de finition ;
- Interdiction des OGM dans l'alimentation ;
- Des âges minimums d'abattage tardif : 36 mois pour les mâles, 120 mois pour les vaches ; et entre 28 et 48 mois pour les génisses ;
- Un confort des animaux lorsqu'ils sont en bâtiment avec l'utilisation de litière végétale (paille, foin, fourrages séchés, ..).

De plus, le croisement avec des mâles de race Blonde d'Aquitaine est couramment pratiqué afin d'augmenter le potentiel de croissance des veaux et leur musculature, permettant ainsi un poids au sevrage plus important avec de très bons rendements carcasses (Groupe Gasconne des Pyrénées 2021).

## PARTIE 3

### Annnonce des objectifs de l'étude expérimentale

Lors de leur première saison de pâture, les veaux ont un système immunitaire naïf par rapport aux parasites auxquels ils vont être exposés. Ces parasites sont principalement des strongles gastro-intestinaux, *Cooperia oncophora* et *Ostertagia ostertagii*. Les éleveurs ont pour habitude de traiter les veaux lors de la première saison de pâture afin d'éviter que l'infestation ne pénalise les performances zootechniques de ces veaux, et ainsi, de limiter l'impact économique des SGI.

Cependant, le traitement systématique des jeunes bovins soulève de nombreuses interrogations parmi lesquelles le retard de développement d'une réponse immunitaire naturelle correcte face aux SGI, ainsi que l'apparition de population de SGI résistantes aux endectocides.

En 2001, l'étude de Gasbarre a montré l'existence de trois profils d'excrétion d'OPG de SGI par les veaux lors de leur première année de pâture (profils évalués dans des contextes sans utilisation d'AH). Ce phénomène de régulation naturelle des SGI par les jeunes bovins suggère l'existence d'une immunité naturelle chez certains animaux. Les veaux en première année de pâture peuvent ainsi être classés selon trois catégories :

- Les veaux ayant une véritable **résistance innée**, chez qui l'excrétion d'œufs est toujours faible, tout au long de la saison de pâture.
- Les veaux ayant **acquis une résistance au contact** du parasite. L'excrétion augmente chez ces derniers durant les deux premiers mois après le début de leur mise au pâturage, puis l'excrétion retrouve un niveau semblable à celle des veaux naturellement résistants.
- Les veaux qui ne développent **aucune résistance** en première saison de pâture (ou tout au moins très tardive) et dont le niveau d'excrétion est élevé et augmente durant toute la saison de pâture.

Actuellement, de nombreux travaux sont menés afin d'identifier plus précisément les gènes potentiellement responsables de cette résistance. De plus, limiter l'impact économique de ces parasitoses est essentiel quant à la pérennité de l'élevage de ces

racés rustiques valorisant le pâturage. Pour cela, les liens entre croissance et infestation par les SGI doivent être plus finement étudiés.

Le projet FranceAgriMer SERUSTIC (2017-2021) est piloté par le C.O.R.A.M. (Collectif des Races de Massif) et financé par le Ministère de l'Agriculture via le compte d'affectation spéciale « développement agricole et rural » (CASDAR). Plusieurs acteurs et partenaires font partie du projet SERUSTIC dont l'institut national de recherche pour l'alimentation, l'agriculture et l'environnement (INRAE), l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT), l'institut de l'élevage (IDELE) et trois organismes de sélection (OS) œuvrant au développement des races rustiques bovines :

- La race Aubrac avec l'étude de la valorisation du fourrage, ainsi qu'un volet comportement.
- La race Salers s'intéresse à l'efficacité alimentaire et à la qualité de la viande.
- La race Gasconne des Pyrénées s'intéresse avec l'ENVT à l'évaluation de la résistance des bovins aux parasites internes et à l'impact zootechnique de ces parasitoses.

L'évaluation de la dynamique d'infestation naturelle chez des jeunes bovins non traités aux AH et leur réaction face aux SGI vise à améliorer les performances sanitaire, économique et environnementale des élevages de Gasconne des Pyrénées situés dans le piémont ariégeois.

D'où le partenariat avec le Groupe Gascon des Pyrénées (GGDP) et la station de sélection de Villeneuve de Paréage pour la réalisation de cette étude. ***Durant quatre saisons de mise à l'herbe, des veaux de race Gasconne des Pyrénées ont été suivis lors de leur première saison de pâture, ainsi que pour certains lors de leur seconde année de pâture.*** De plus, afin de s'assurer de la représentativité des résultats obtenus lors du suivi des veaux de la station de sélection, des veaux provenant de deux élevages sélectionneurs témoins ont également été prélevés.

Les prélèvements effectués, fèces et sang, ont pour but d'établir des suivis individuels :

- d'excrétion d'oeufs de strongles digestifs;
- d'hématocrite, témoin de l'anémie de l'animal ;
- du taux sérique en pepsinogène, marqueur des lésions de la caillette imputables à *Ostertagia ostertagi* ;

- du taux sérique en anticorps anti-*Ostertagia* témoignant de la mise en place d'une réaction immunitaire face aux SGI.

Cette étude est la continuité du travail initié par Delphine de Montbron sur une année, en 2018. L'étude présente comporte quatre années de suivi. Les effectifs plus importants devraient permettre de conforter ou d'infirmer les premières observations et de retrouver les profils d'excrétion d'oeufs de SGI décrits par Gasbarre en 2001.

L'hypothèse d'une possible transmission génétique par le père conférant d'une résilience et d'une résistance innée aux SGI pourrait être intéressante mais reste compliquée à vérifier car cela nécessite de très grands effectifs. Au fil de l'étude, l'aspect génétique a donc été délaissé pour se focaliser sur les performances de croissance des jeunes bovins en lien avec des paramètres d'expositions aux parasites. Ainsi, cette étude appelle à une réflexion plus large quant aux stratégies permettant d'assurer une pérennité technique et économique des filières bovines allaitantes qui cherchent à maximiser l'utilisation du pâturage.

Ainsi, ces veaux seraient en capacité d'exprimer pleinement leur capacité de croissance tout en ne nécessitant aucun traitement anthelminthique systématique même si la conduite d'élevage impose un maximum de temps de pâturage. Cependant cette étude a été réalisée dans un contexte bien précis, avec une race rustique précise et des zones de pâturage spécifiques soumises à des conditions pédo-climatiques qui leurs sont propres.

**In fine, cette étude vise à évaluer la possibilité d'élever de jeunes bovins en première et seconde années de pâture sans recours aux traitements anthelminthiques, sans effets délétères sur leur état de santé et sur leurs performances zootechniques, dans le contexte précis du piémont pyrénéen Ariégeois.**



# MATERIELS ET METHODES

## 1. L'origine des animaux prélevés

Les animaux prélevés dans le cadre du projet proviennent de 3 élevages différents (Tableau 7, Figure 4) :

- La station de sélection de race Gasconne des Pyrénées (SAS PEPIRAG) ;
- Le GAEC Miracles ;
- L'élevage de Eric Bertrand.

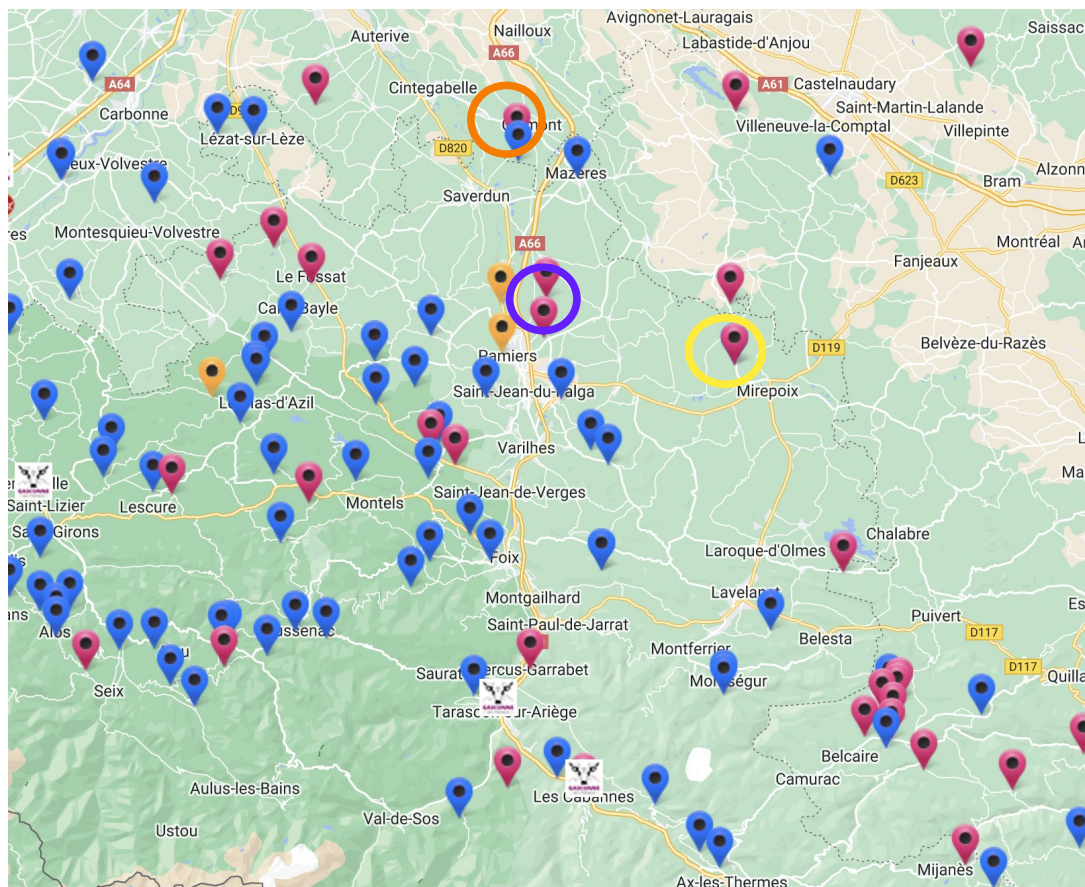


Figure 4 : Localisation des exploitations incluses dans l'étude.

Violet : Station de PEPIRAG ; Orange : Elevage Miracles ; Jaune : Elevage Bertrand. Sources : Groupe Gascon des Pyrénées.

Les génisses de seconde année de pâture prélevées sont issues uniquement de la station de sélection de PEPIRAG.

Les prélèvements réalisés au GAEC Miracles et chez Eric BERTRAND permettent à la fois d'augmenter l'effectif des cohortes analysées et de s'assurer de la représentativité

des résultats obtenus chez des animaux élevés en station de sélection. En contrepartie, un biais supplémentaire apparaît avec l'effet élevage. Ce biais se rajoute aux deux variables principales déjà présentes que sont l'effet année et l'effet génétique (effet père) dont dépend le phénotype des animaux étudiés.

Nombre de veaux	SAS PEPIRAG		GAEC des Miracles	BERTRAND	Total (Nb veaux / année)
	Veaux	Génisses			
2018	17	11	0	0	17
2019	19	16	12	0	31
2020	17	17	14	12	43
2021	15	17	11	15	41
<b>Total (Nb veaux / élevage)</b>	<b>68</b>	<b>61</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>132</b>

Tableau 7 : Effectifs des individus prélevés sur les 4 années d'études.

Source personnelle. `

**Aucun animal prélevé dans cette étude n'a reçu le moindre traitement anthelminthique. Les animaux sélectionnés dans cette étude sont issus de système d'élevage ne pratiquant pas de traitement anthelminthique systématique.**

### 1.1. La SAS PEPIRAG

La station de sélection de la race Gasconne des Pyrénées, SAS PEPIRAG, est une pépinière créée en 1976, c'est la plus ancienne station de sélection bovine en France. Son activité principale est la sélection des futurs taureaux de race Gasconne des Pyrénées, destinés à la reproduction. Chaque année, la station accueille environ 80 veaux mâles entre octobre et mars pour contrôler individuellement leurs performances ; 50 d'entre eux sont vendus comme reproducteurs pour la monte naturelle et les 2 taureaux présentant les meilleurs index sont sélectionnés comme potentiels futurs reproducteurs en centre d'insémination.

La station est quasiment autonome sur le plan alimentaire, seuls la paille, l'AMV et les minéraux sont achetés.

Les veaux nés à l'automne sont mis à l'herbe avec leur mère au début du printemps. Les veaux restent au pâturage le plus tard possible, en moyenne jusqu'à mi-novembre. Le

pâturage des couples mères-veaux s'interrompt lorsque ces dernières partent en estive entre avril et mai, selon les conditions climatiques de l'année. Le sevrage des veaux a lieu à ce moment-là. Les veaux effectuent un pâturage tournant sur une surface totale de 8 hectares, divisée en 8 parcelles autour de la station. Ils passent sur chaque parcelle environ 4 fois au printemps et une fois à l'automne. Certains étés, l'affouragement n'est pas suffisant et les veaux doivent être rentrés en bâtiment. Une ration composée de foin, de triticales et d'un complément azoté leur est alors proposée. Cette période de stabulation estivale n'excède jamais plus d'un mois.

De plus, chaque année quelques vaches mettent bas plus tardivement, entre décembre et mars. Ces dernières ne partent pas en estive et restent avec leurs veaux sur les pâtures de la station jusqu'à l'automne. La rentrée se fait le plus tardivement possible, en moyenne vers mi-novembre.

La conduite d'élevage des animaux à la station est comparable à la plupart des élevages allaitants du piémont pyrénéen. De plus, cette conduite d'élevage permet la qualification des animaux par le cahier des charges « label Rouge Gasconne des Pyrénées ».

La station possède deux sites d'estive, à Arabaux et à Lordat. Les génisses de seconde année de pâture y pâturent durant toute la période estivale, environ d'avril à septembre.

Les revenus de la station proviennent essentiellement de la vente des reproducteurs. La vente de bovins gras, de broutards ou de veaux via la coopérative Synergie Bétail et Viandes permet un revenu complémentaire. En vue d'optimiser les performances zootechniques des animaux et de valoriser au mieux les produits, environ 20 % des veaux sont croisés en race Blonde d'Aquitaine.

Concernant les pratiques relatives au parasitisme, la station ne fait pas de coproscopie en systématique. Si un traitement est nécessaire, un *Pour-on* à base d'ivermectine est réalisé à l'automne. Cependant, aucun antécédent de strongylose n'a été rapporté.

## 1.2. GAEC Miracles

Jérôme Esquirol et sa mère se sont associés en 2002 pour créer le GAEC des Miracles à Calmont (31). Les prairies permanentes pâturées sont re-semées tous les 5 ans. Les taureaux choisis pour l'IA sont soit de race GDP, soit de race Charolaise ou Blonde d'Aquitaine.

L'exploitation produit essentiellement des brouillards vendus pour l'engraissement en Espagne ou en Italie. Certains sont engraisés dans la région puis abattus et consommés localement. Afin de garantir une meilleure répartition des revenus, l'éleveur étale les vèlages au cours de l'année tout en conservant un pic de vèlage à l'automne.

Concernant la conduite du troupeau, les animaux sont au pâturage dès que le temps le permet selon une logique de pâturage tournant. La rotation des parcelles est la même d'une année sur l'autre. Chaque parcelle est divisée en plusieurs bandes d'1,5ha sur lesquelles les animaux restent 4 jours en moyenne. Chaque jour les fils avant et arrière sont légèrement décalés pour conserver la surface d'1,5ha mais empêcher les animaux de sur-pâturer le « fond » de la bande. Les parcelles sont laissées au repos au moins 4 semaines avant que les animaux n'y aient de nouveau accès. Les seules fauches sont les premières coupes au printemps. Les animaux restent au pré le plus tard possible.

La ration à la rentrée en stabulation se compose de foin, d'enrubannée et de farine, l'AMV est donnée au sceau. Il n'y a pas de préparation au vèlage.

Aucune pathologie n'a été relevé par l'éleveur durant les deux années d'étude.

Concernant la gestion du parasitisme, l'éleveur ne fait pas faire de coproscopie de façon systématique mais uniquement lorsqu'un animal lui semble plus faible, a le poil piqué ou montre une altération de son état général.

### 1.3. Eric Bertrand

Eric Bertrand, éleveur, a repris l'exploitation familiale en 2012 où il travaille seul. Historiquement, l'exploitation comptait 15 mères de race GDP et 12 Montbéliardes, destinées à la production de veaux de lait, ainsi qu'un atelier ovins de 200 têtes. L'arrêt des veaux de lait et des ovins a permis l'augmentation du cheptel Gascon. Une vingtaine de chevaux de race Mérens et une trentaine de chevaux lourds permettant l'optimisation du pâturage sont également présents sur l'exploitation.

Le choix des taureaux porte sur leurs qualités de race, de caractère et leurs origines afin de limiter la consanguinité. La maîtrise du gène « culard » est faite en ne croisant pas les animaux porteurs entre eux, exception faite des vaches très bien conformées et pouvant supporter un tel croisement. Les taureaux non « culards » sélectionnés garantissent une bonne conformation et un bon rendement carcasse.

La conduite du troupeau se veut la plus autonome et la moins interventionniste possible. Les seuls traitements réalisés en systématique sont la vaccination des mères contre les diarrhées néonatales (BOVIGEN SCOUR 3® avant vèlage chez les adultes et les

génisses), ainsi que deux traitements antiparasitaires externes à base de delthaméthrine (BUTOX®) durant la saison de pâture, y compris sur les veaux. Concernant le parasitisme interne, l'éleveur ne réalise pas de suivi coproscopique systématique.

La conduite du troupeau est extensive sur les 201 hectares de l'exploitation, permettant l'autonomie fourragère ainsi que la vente du stock excédentaire. Les céréales semées suffisent à la ration hivernale. Les couples mère-veaux pâturent toujours ensemble. La mise à l'herbe commence au 20 février, jusqu'à fin mars les animaux sont rentrés la nuit permettant une transition alimentaire et une protection des veaux les plus jeunes contre les conditions météorologiques parfois encore rudes à cette période. Jusqu'au mois d'avril, le pâturage s'effectue sur les prairies à fort rendement. Sur ces prairies temporaires, le pâturage est rationné au fil en avançant chaque jour et en changeant complètement tous les 4 jours. Les bovins ne repassent pas sur les parcelles avant au moins 4 semaines. Une partie de ces prairies temporaires est fauchée pour le stock hivernal. Les parcours et les landes jouent un rôle tampon, sont gérés comme une estive. Les animaux y passent l'été en attendant le regain de fin d'été des prairies temporaires. Les années sèches, le pâturage plus précoce des landes et des parcours permettent d'économiser jusqu'à 15 hectares de prairies, qui peuvent alors être fauchées. La rentrée en stabulation est la plus tardive possible, généralement fin décembre. Les génisses passent l'hiver à l'extérieur. La ration en bâtiment se compose essentiellement d'enrubanné de trèfle et de dactyle, de foin de prairies permanentes et de farine d'orge. Du sel blanc est donné comme AMV et aucune préparation au vêlage n'est réalisée. L'hiver, les veaux n'ont pas de concentrés mais de la luzerne.

Au printemps et à l'automne les chevaux pâturent les parcelles après chaque passage des bovins. L'été la moitié des chevaux transhument à la montagne, l'autre moitié reste sur l'exploitation où ils pâturent conjointement avec les couples mères – veaux.

Hors conditions météorologiques particulières, les années de pâturage sont similaires, le pâturage s'effectue sur les mêmes parcelles d'une année à l'autre. Il n'y a pas eu de différence notable de pâturage entre 2020 et 2021.

Les veaux sont vendus pour être repoussés puis vendus à l'export, principalement en Algérie. De plus, chaque année quelques veaux sont vendus pour la reproduction. Toutes les femelles sont gardées jusqu'au sevrage. Celles ne correspondant pas aux critères de l'exploitation, caractère et conformation, sont vendues comme broutards.

Les tableaux 8 et 9 reprennent les principaux paramètres caractérisant les exploitations incluses dans l'étude.

	<b>Station PEPIRAG</b>	<b>GAEC Miracles</b>	<b>E. Bertrand</b>
<i>Nb de mères</i>	40	60	55
<i>Nb vêlage / an</i>	40	60	55
<i>Période vêlage</i>	Octobre/novembre : 90 % Janvier/mars : 10 %	Étalé (pic à l'automne)	25 novembre / 25 janvier : 80 %
<i>% IA / an</i>	100	100	55
<i>IVV moyen</i>	388	368	368
<i>Taux renouvellement</i>	20	15	13
<i>% réformes</i>	20	15	13
<i>SAU</i>	117	120	201
<i>UTH</i>	1,5	2	1
<i>Productions annexes</i>	Pension génisses	Néant	20 bovins Mérens 30 chevaux de trait

Tableau 8 : Caractéristiques des exploitations étudiées.

Sources personnelles.

	SAS PEPIRAG	GAEC Miracles	BERTRAND
SAU	117	120	201
Ha dédiés au pâturages	100	30	201
Types et composition prairiale	<b>Prairies temporaires</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ray-grass</li> <li>• Dactyle</li> <li>• Fétuque</li> <li>• Trèfle</li> </ul>	<b>Prairies temporaires</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dactyle</li> <li>• Trèfle blanc</li> <li>• Fétuque</li> </ul> <b>Prairies permanentes</b>	<b>Prairies temporaires</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dactyle</li> <li>• Trèfle blanc</li> </ul> <b>Prairies permanente</b> <b>Landes et parcours</b>
Technique de pâturage	- Tournant (1ere année) - Estive (2° année)	Tournant	- Rationné au fils (PT) - Extensif type estive
Lieux de pâturage	8 ha de PT (à la station) 72 ha Estive d'Arabaux (500m altitude) 20 ha Estive de Lordat	Autour exploitation	Autour exploitation
Nb parcelles	8 parcelles	20 parcelles	Variable
Taille des parcelles	8 ha	Bandes de 1,5 ha	Extensif sur 100ha + Quelques hectares de prairies sont gérées en pâturages tournant selon les années
Temps sur chaque parcelles	6 jours	4 jours	4 jours
Pratiques de pâturage alternatives	<u>Veaux né à l'automne :</u> - Couple mère - veaux durant les premières semaines de pâturage - Si sécheresse : Rentre en bâtiment (un mois maximum) <u>Veaux né entre décembre et mars :</u> Couple mère - veau	- Couple mère - veaux - Fils avant et arrière légèrement décalé tous les jours	- Couple mère - veaux - Pâturage mixte avec équin
Complémentation au pâturage	Non	Foin, jamais avant le mois de novembre	Non

Tableau 9 : Pratiques de pâturage réalisées dans les élevages de l'étude.

Sources personnelles.

## 2. Les animaux prélevés

### 2.1. Veaux de première année de pâture

Sur les 4 années d'études, 132 veaux issus de 44 pères ont été suivis. En excluant les veaux dont les pères n'étaient pas de race pure GDP ou dont le suivi des différents paramètres analysés était incomplet, l'effectif suivi a été réduit à **107 veaux issus de 33 taureaux** (Tableau 10 ; Annexe 1).

Elevage	PEPIRAG				Miracle		Bertrand		Total Veau/an/ taureau
	2018	2019	2020	2021	2020	2021	2020	2021	
BANCO	1					1	2	1	5
EDEN	1								1
FOURCAT		1	1						2
GALION	1	1							2
HARBIO					1				1
HOCCO					1	2			3
HONDO	2		2		1				5
HUGO						1	1	1	3
INAO	1								1
INCONNU	2							1	3
JACCUSE						1			1
JACOB	4	8							12
JAPPELOUP	1	2	2					1	6
LANCELOT								2	2
LEGO							5		5
LOUBENS			3	1	2	1			7
MADRAS		1							1
MACAO	1								1
MISTER					2	2			4
MONTCALM		2					1		3
NAGANO				5					5



NAGUSA			4						4
NESQUICK		1							1
NEW LOOK			3	6	1		1		11
NOBEL			1						1
OBELIX					2	1			3
OCCITAN				1		1			2
OEILLET								4	4
POLLUX								2	2
SULTAN							1		1
UV	1								1
VENGEUR								2	2
VOLTAIRE							1	1	2
<b>Veau/an/élevage</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>107</b>
Veaux prélevés / élevage	60			20		27			
Nb de veaux provenant de pères avec > 4 descendant sur les 4 ans	<b>44</b>			<b>10</b>		<b>14</b>			<b>68</b>

Tableau 10 : Noms des pères de race GDP des veaux prélevés.

Le tableau 11 illustre la proportion de veaux mâles et de veaux femelles présent dans les cohortes durant les quatre années de suivi.

%	Mâles				Femelles			
	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
<b>STATION</b>	0	11	0	0	100	89	100	100
<i>Moyenne sur 4 ans</i>	<b>3</b>				<b>97</b>			
<b>MIRACLE</b>	X	X	36	36	X	X	64	64
<i>Moyenne sur 4 ans</i>	<b>36</b>				<b>64</b>			
<b>BERTRAND</b>	X	X	17	13	X	X	83	87
<i>Moyenne sur 4 ans</i>	<b>15</b>				<b>85</b>			

Tableau 11 : Proportion de veaux suivant leur sexe inclus dans les cohortes de l'étude.

Notre étude s'est majoritairement intéressée à des veaux femelles car les veaux mâles étaient vendus comme broutards avant la fin de la saison de pâturage, leur suivi étant incomplet, ils n'ont pas été inclus dans les analyses.

Jours	STATION	MIRACLE	BERTRAND	Année et élevage cumulés
Age moyen des veaux au 1 <sup>er</sup> prélèvements (MIN - MAX)	126 (25 - 208)	78 (2 - 222)	86 (39 - 124)	104 (2 - 222)
Age moyen des veaux à la 1 <sup>ere</sup> mise à l'herbe (MIN - MAX)	110 (5 - 205)	78 (2 - 219)	62 (20 - 93)	90 (2 - 219)

Tableau 12 : Âge moyen des veaux lors des premiers prélèvements et lors de leur première mise à l'herbe. Source : Groupe Gascon des Pyrénées (GGDP).

Lors de leur premier prélèvement les veaux étaient âgés de 104 jours en moyenne, avec des extrêmes allant de 2 à 222 jours (Annexe 3). La plupart des veaux sont nés en hiver, comme cela est le cas dans la majorité des élevage Gascons en France.

Lors des 4 années d'études, les veaux ont été mis à l'herbe avec leurs mères dès que les conditions météorologiques le permettaient. Lors de cette première mise à l'herbe les veaux étaient âgés en moyenne de 3 mois, avec des extrêmes allant de 2 à 219 jours (Annexe 3).

Les veaux se sont infestés naturellement en pâturant sur des parcelles infestées par leurs mères, des veaux plus âgés ou avec la contamination résiduelle de l'année n-1. Le but étant l'observation d'une résistance naturelle, on rappelle que les veaux n'ont reçu aucun traitement anthelminthique.

Durant les années de suivi, certaines situations ont nécessité la réalisation de traitements à l'encontre des mouches et des tiques afin de garantir la bonne santé des animaux. De la Deltaméthrine *Pour-on* (Versatrine®) a été appliquée en juin 2018 pour les veaux de PEPIRAG, ainsi que sur les deux campagnes de prélèvements dans l'élevage d'Eric Bertrand. De plus, aucune pathologie intercurrente majeure n'a touché les cohortes de

veaux étudiées. L'ensemble des veaux prélevés étaient en bon état général à l'exception du veau 5979 (REINE) chez PEPIRAG qui a présenté une cryptosporidiose clinique, ce veau très différent des autres a donc été écarté de l'étude.

## 2.2. Génisses en seconde année de pâture

Durant les 4 années de suivi, 55 génisses ont été prélevées et retenues pour l'étude. Elles étaient **issues de 19 pères**, avaient un suivi complet et étaient de pure race **Gasconne des Pyrénées** (Tableau 13 ; Annexe 2). Ces génisses n'ont jamais reçu de traitement anthelminthique. Elles proviennent toutes de la station de sélection de PEPIRAG et les 4 cohortes de génisses ont été conduites de la même façon durant les 4 années d'études. Avec une mise à l'herbe à partir du mois d'avril sur l'estive d'Arabaux, sur laquelle elles restent en moyenne jusqu'au mois de septembre.

Taureaux Gascon Pure Race	Nombre de génisses				
	2018	2019	2020	2021	Total
BANCO		1			<b>1</b>
EDEN		1			<b>1</b>
FOURCAT			1	1	<b>2</b>
HASSAN	5				<b>5</b>
ESSENTIEL	1				<b>1</b>
GALION		1	1		<b>2</b>
HONDO	3	2		2	<b>7</b>
INAO	1				<b>1</b>
INCONNU		2			<b>2</b>
JACOB	1	4	5		<b>10</b>
JAPPELOUP		1	2	3	<b>6</b>
LOUBENS				3	<b>3</b>
MACAO		1			<b>1</b>
MADRAS			1		<b>1</b>
MONTCALM			2		<b>2</b>
NAGUSA				4	<b>4</b>

NESQUIK			2		2
NEW LOOK				2	2
UV		1		1	2
Total Génisses père Gascon	11	14	14	16	55

Tableau 13 : Nombre de génisses retenues pour l'étude et correspondance avec leurs pères.

Lors de leur première saison de pâture, ces génisses ont pâturé 7 à 8 mois sans couverture anthelminthique, leur permettant un temps de contact effectif probablement suffisant pour acquérir une immunité concomitante efficace. A PEPIRAG, le pâturage de première saison de pâture se fait autour de la station. Une partie de ce pâturage est réalisé avec les mères. Les génisses sont ensuite rentrées en bâtiments pendant l'hiver puis sorties dès que le temps le permet. Les génisses de deuxième année de pâture passent l'été sur l'estive d'Arabaux. Durant tout ce temps, aucun traitement anthelminthique n'est réalisé. Le seul traitement reçu est un traitement contre les infestations de mouches et de tiques à base de Deltaméthrine (VERSATRINE® *Pour-on*). A noter que ce traitement n'a aucune répercussion sur l'infestation des strongles gastro-intestinaux. Les génisses de seconde année de pâture sont prélevées 2 ou 3 fois par an. Le premier prélèvement a lieu au début de la saison d'estive, un autre en milieu de saison de pâture et enfin un dernier lors du retour d'estive. Durant l'estive, les génisses de seconde année de pâture sont mélangées avec les vaches adultes.

### 3. La collecte et le stockage des échantillons

Les prélèvements se sont déroulés sur 4 ans. Chaque année le même protocole a été suivi. Ainsi, chaque année 5 ou 6 sessions de prélèvements étaient organisées pour les veaux en première année de pâture issus de la station de sélection, 3 sessions pour les veaux des 2 élevages témoins (Miracles et Bertrand), et 2 ou 3 sessions pour les génisses de seconde année de pâture en estive à Arabaux. Les dates de prélèvements sont répertoriées dans le tableaux ci-joint (Tableaux 14).

Année	Première année de pâture			Deuxième année de pâture
	Station	Miracles	Bertrand	
<b>2018</b>	Visite 1 : 20 mars 2018 Visite 2 : 14 mai 2018 Visite 3 : 5 juillet 2018 Visite 4 : 28 août 2018 Visite 5 : 3 octobre 2018 Visite 6 : 12 novembre 2018	/	/	Visite 1 : 20 mars 2018 Visite 2 : 4 juin 2018 Visite 3 : 12 novembre 2018
<b>2019</b>	Visite 1 : 4 avril 2019 Visite 2 : 29 mai 2019 Visite 3 : 16 juillet 2019 Visite 4 : 2 septembre 2019 Visite 5 : 14 novembre 2019	Visite 1 : 4 avril 2019 Visite 2 : 25 juillet 2019 Visite 3 : 14 novembre 2019	/	Visite 1 : 4 avril 2019 Visite 2 : 16 juillet 2019 Visite 3 : 14 novembre 2019
<b>2020</b>	Visite 1 : 10 mars 2020 Visite 2 : 28 mai 2020 Visite 3 : 30 juillet 2020 Visite 4 : 28 septembre 2020 Visite 5 : 9 novembre 2020	Visite 1 : 10 mars 2020 Visite 2 : 15 juin 2020 Visite 3 : 26 août 2020	Visite 1 : 10 mars 2020 Visite 2 : 15 juin 2020 Visite 3 : 28 septembre 2020	Visite 1 : 10 mars 2020 Visite 2 : 26 août 2020 Visite 3 : 9 novembre 2020
<b>2021</b>	Visite 1 : 23 mars 2021 Visite 2 : 25 mai 2021 Visite 3 : 6 juillet 2021 Visite 4 : 25 août 2021 Visite 5 : 18 novembre 2021	Visite 1 : 23 mars 2021 Visite 2 : 21 juin 2021 Visite 3 : 25 août 2021	Visite 1 : 23 mars 2021 Visite 2 : 21 juin 2021 Visite 3 : 25 août 2021	Visite 1 : 6 juillet 2021 Visite 2 : 18 novembre 2021

Tableau 14 : Dates de prélèvements lors du suivi.

Source personnelle.

### 3.1. Échantillon de matière fécale

Muni d'un gant de fouille, l'opérateur récolte les fèces directement dans le rectum de l'animal. Le prélèvement est stocké dans une glacière à 4°C puis analysé le soir même ou

le lendemain matin au laboratoire de parasitologie de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse. Le temps entre le prélèvement et l'analyse coproscopique n'excède pas 24h.

### 3.2. Prélèvements sanguins

L'opérateur réalise la prise de sang avec un système Vacutainer classique au niveau de la veine caudale des animaux. Les tubes sont stockés dans une glacière à 4°C en attendant de rentrer au laboratoire de parasitologie de l'ENVT. Pour chaque animal, un tube sec (*Vacutest kima® gel & clot act. Ref 10174*) et un tube EDTA (*Vacutest kima® K3 EDTA Ref 13030*) sont réalisés.

Le tube sec permet d'isoler le sérum pour le dosage du pepsinogène et des anticorps anti-*Ostertagia*. Cette étape se fait par centrifugation, 10 minutes à 3 500 tours/minute (*Centrifugeuse eppendorf® 5804*). Ce sérum est ensuite transposé dans un micro-tube et congelé à -24°C. L'ensemble des sérums de l'année est analysé quand l'intégralité des animaux participant à l'étude durant l'année ont été prélevés. On note que les sérums peuvent être stockés durant 7 mois sans que leur concentration en pepsinogène ne soit diminuée (Kerboeuf et al. 2002).

Le tube EDTA permet quant à lui le dosage de l'hématocrite. Ce dosage est réalisé dans les 24h suivant le prélèvement au laboratoire de parasitologie de l'ENVT.

## 4. Les indicateurs bruts individuels parasitologiques et cliniques

### 4.1. Analyse coproscopique

Cette analyse met en évidence l'intensité d'excrétion d'oeufs par les strongles gastro-intestinaux femelles présentes dans le tube digestif des animaux prélevés. On quantifie cette excrétion en nombre d'oeufs par gramme de fèces (OPG).

#### 4.1.1. Principe de la coproscopie par flottaison

Pour les analyses coproscopiques nous avons utilisé la **méthode de flottaison au sel**, avec une solution saturée de chlorure de Sodium (NaCl) d'une densité de 1,19. La solution a une densité supérieure à celle des œufs de SGI ce qui permet de les observer sur le réseau de lecture, de la lame de Mac-Master, tandis que les autres éléments présents tels que les débris vont sédimenter.

Concernant les 2 réseaux de lecture présentes sur chaque lame de Mac-Master, elles renferment chacune 0,15 mL.

#### *4.1.2. Protocole de coproscopie par flottaison utilisé*

Une préparation de solution saline est faite dans un Erlenmeyer. Pour cela 1kg de sel est dissout dans 3L d'eau du robinet puis homogénéisé à l'aide d'un agitateur.

Pour chaque prélèvement fait, 3g de matière fécale sont pesés puis déposés dans un verre à pied. Puis 42mL de solution saline saturée sont ajoutés. Le tout est mélangé jusqu'à l'obtention d'une solution homogène. Ce mélange est ensuite filtré à l'aide d'une passoire dans un nouveau verre à pied. Cette opération est répétée 3 fois. La lame de Mac-Master est remplie avec cette solution filtrée. On attend une à deux minutes avant de lire la lame afin de laisser le temps aux œufs de bien remonter contre le réseau de lecture . La lecture s'effectue au microscope à l'objectif 10, soit grossissement total de x100.

Dans un premier temps, l'intérieur des 2 cadrans (réseau) est lu, soit un volume total de 0,3mL par prélèvement. Le nombre d'œufs lus dans ces 0,3mL doit donc être multiplié par 50 afin d'obtenir le nombre d'œufs par gramme de fèces recherché (Figure 5).

Dans un second temps et si aucun œuf n'est observé dans les deux réseaux, l'ensemble de la chambre peut être lue. Le volume d'une chambre correspond à 0,5 mL. Le nombre d'œufs observés dans les deux chambre doit donc être multiplié par 15 pour obtenir le nombre d'œufs par gramme de fèces.

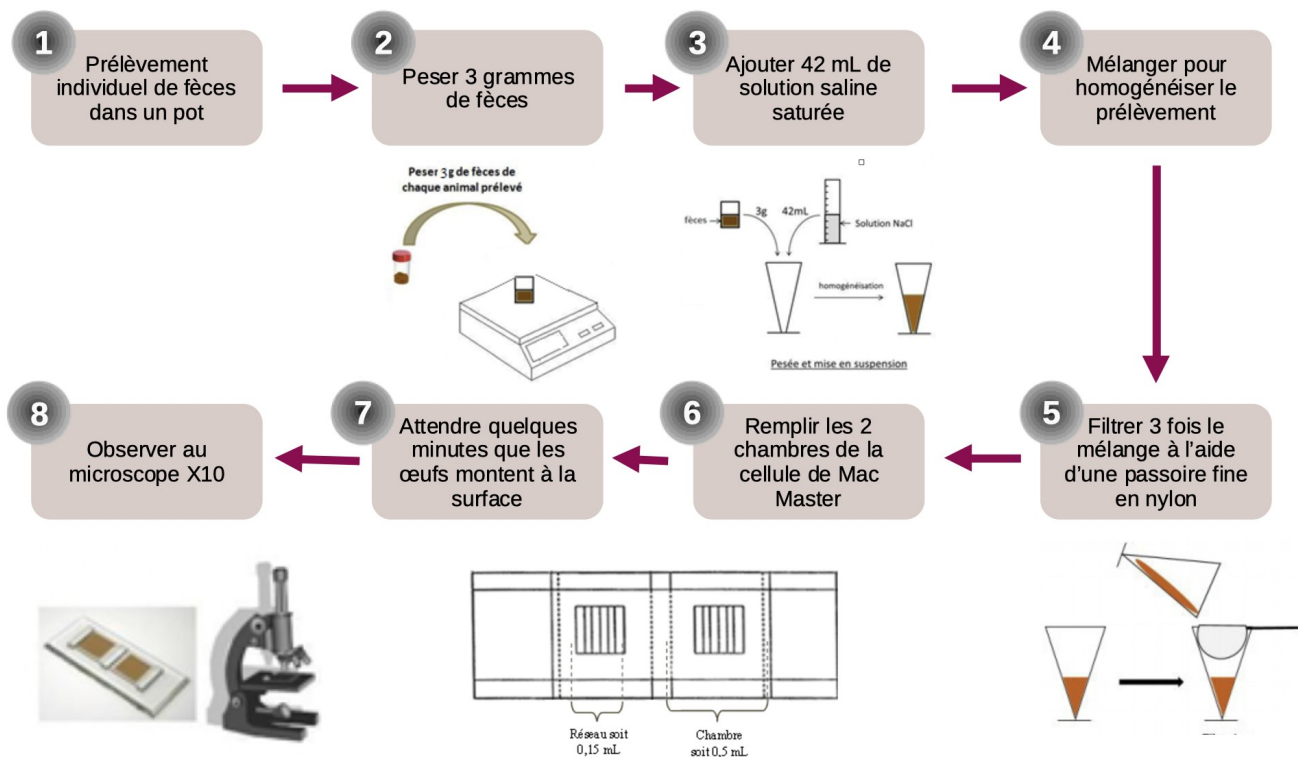


Figure 5 : Illustration du protocole de coproscopie par flottation.

Sources : adapté de A. Malard (Ravinet et al., 2015), Bonnefont et Canellas, 2014.

#### 4.2. Dosage du pepsinogène sanguin

Le protocole utilisé dans l'étude mesure le taux individuel de pepsinogène sérique (PEP) avec la micro-méthode spectrophotométrique de Dorny et Vercruysse, (1998) (Dorny, Vercruysse 1998). On procède *in-vitro* à la transformation du pepsinogène présent dans les sérums en pepsine. La pepsine, active, peut ensuite réagir avec un substrat riche en acides aminés aromatiques, comme la tyrosine. C'est donc l'**activité enzymatique de la pepsine** qui est mesurée (Figure 6).

Une fois les sérums de tous les animaux de l'année récoltés et placés sur une microplaque, le protocole réalisé est le suivant :

1. Analyse en triplicate des sérums individuels, c'est à dire que chaque triplicate correspond à un animal à une date de prélèvement précise.
2. Ajout de la solution acide pour transformer le pepsinogène en pepsine.
3. Ajout du substrat enrichi en tyrosine. Dans notre cas de l'albumine de sérum de bovin (BSA). La digestion protéique nécessite une incubation de 24 heures.



4. Ajout d'acide trichloracétique pour faire précipiter les protéines qui n'auraient pas réagi à la pepsine.
5. Centrifugation pendant 5 minutes à 4°C à 14 000 tours / minute (*Hettich® EBA 12R*).
6. Récolter le surnageant riche en acide aminés (tyrosine).
7. Procéder à la réaction colorée en ajoutant la soude puis le réactif de Folin, spécifique de la tyrosine, au surnageant préalablement récupéré.
8. Les acides aminés qui auront été libérés du substrat protéique (tyrosine puisque substrat enrichi en tyrosine) peuvent alors être mesurés en spectrophotométrie. Le spectromètre mesure la densité optique DO (ou absorbance) pour des longueurs d'onde de 680 nanomètres (*Thermo Scientific® Multiskan® GO*).

Afin d'augmenter la spécificité des résultats, il est nécessaire de réaliser un blanc de chaque triplicate. En effet, outre l'action de la pepsine, la chaleur et l'acidité peuvent également altérer les liaisons peptidiques et ainsi libérer les acides aminés de tyrosine. Les puits « blanc » contiennent le substrat BSA et de l'eau distillée à la place du sérum, ils subissent ensuite le même protocole que le reste des échantillons. La DO obtenue par le « blanc » est soustraite au puits contenant le sérum correspondant. On obtient ainsi la mesure correspondant à la part d'acides aminés libérée uniquement par l'action de la pepsine.

De plus, un contrôle positif est ajouté à chaque nouvelle plaque, c'est un échantillon de sérum avec une valeur de pepsinogène élevée, supérieure à 1 UTyr.

Puis un tableur *Excel®* permet de comparer les résultats à une gamme étalon de tyrosine colorée et d'exprimer les résultats en micro-unités de tyrosine (mUTyr).

Le protocole détaillé est présenté en annexe 5.

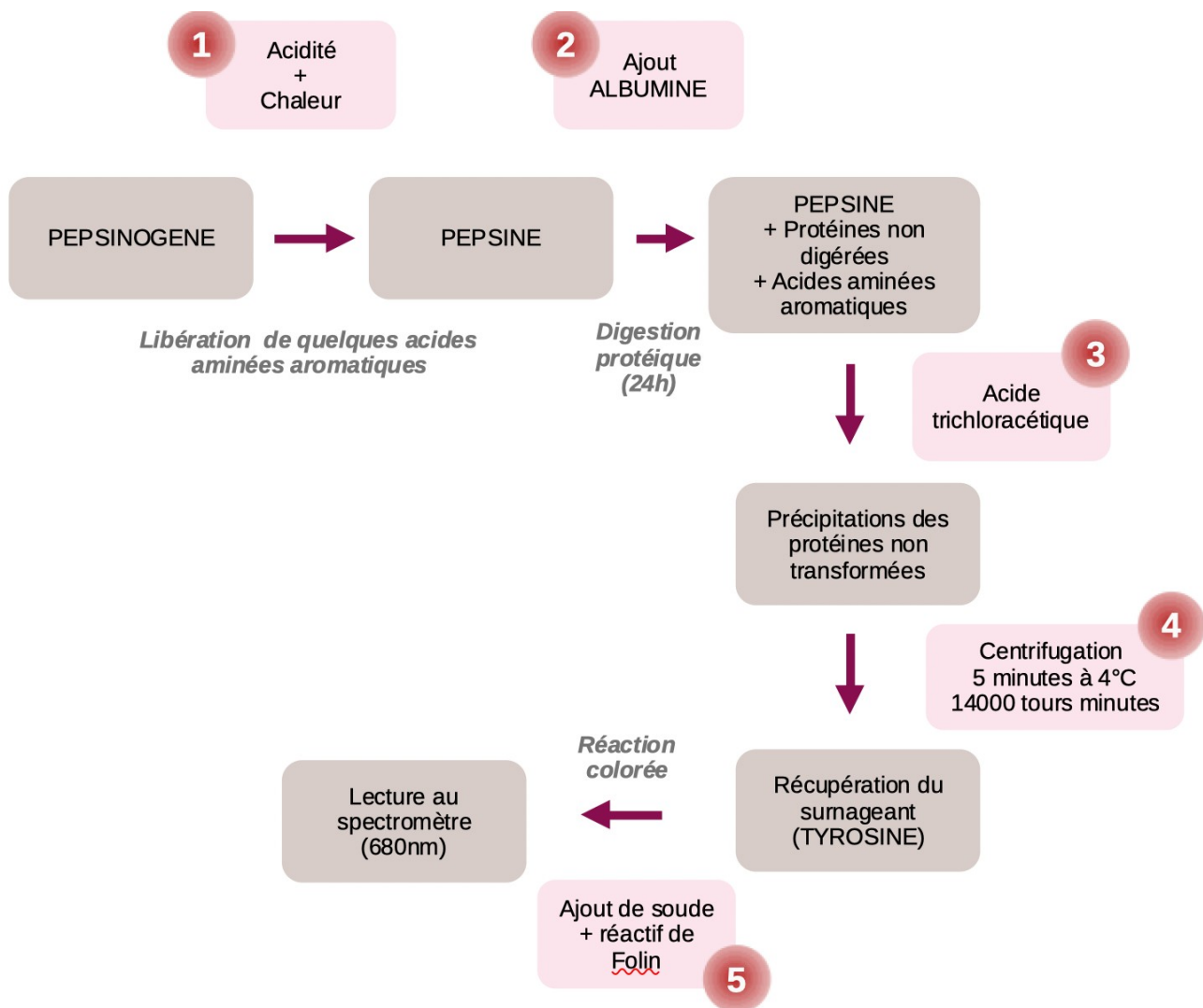


Figure 6 : Illustration du principe de dosage du pepsinogène.

Source : D'après la thèse de Delphine de Cherade de Montbron (2018). Détails du protocole en annexe 6.

#### 4.3. Dosage du taux sérique en anticorps anti-*Ostertagia*

La mesure du taux sérique en anticorps anti-*Ostertagia* permet d'évaluer l'immunité de chaque animal par rapport à ce parasite. Pour cela, c'est le niveau d'immunoglobulines G (IgG) qui est quantifié à partir des sérums récoltés et analysés de façon individuelle (Figure 7).

La mesure s'effectue avec une méthode ELISA via un kit commercial immuno-enzymatique (*SVANOVIR® O.ostertagi-Ab*). Ces kits sont couramment utilisés pour la détection des anticorps anti-*Ostertagia* dans les laits de tanks, mais des études montrent que leur utilisation sur sérum individuelle est tout à fait possible et pertinente (Kloosterman et al. 1993). Il faut néanmoins que les sérums soient dilués au 1/160e avec une solution

tampon à pH 7,2 (PBS Tween). Dans notre cas, cela représente **795µL de tampon pour 5µL de sérum**.

Les micro-plaques utilisées sont sensibilisées avec de l'antigène préparé à partir de vers adultes *Ostertagia ostertagi*. Ainsi, si le sérum contient des anticorps anti-*Ostertagia*, ces derniers vont fixer les antigènes présents au fond du puits. Une incubation d'une heure à température ambiante (20 à 23°C) est nécessaire, puis trois lavages successifs au PBS-Tween dilué sont effectués.

On ajoute ensuite, dans chaque puits, 100µL de conjugué anti-IgG de bovin couplé à une peroxydase HRP (Horse Raddish Peroxidase). Une incubation d'une heure à température ambiante est également nécessaire à cette étape, et trois rinçages successifs sont également réalisés pour éliminer l'excès de HRP.

Puis 100µL de substrat, solution colorimétrique, sont ajoutés dans chaque puits et laissés incubés 30 minutes à température ambiante. Avant la lecture par spectrophotométrie à 405nm, une solution STOP est ajoutée dans chaque puits pour fixer la réaction. La lecture doit se faire dans les 15 minutes suivant l'ajout de la solution STOP. La **couleur** sera d'autant **plus intense** que la **quantité d'AC anti-*Ostertagia* du sérum est importante**. Ainsi, le dosage des anticorps anti-*Ostertagia* est exprimé en ratio de densité optique (RDO).

$$DOR = \frac{(DO \text{ échantillon ou contrôle} - DO \text{ contrôle négatif})}{(DO \text{ contrôle positif} - DO \text{ contrôle négatif})}$$

Le protocole détaillé est présenté en annexe 6.

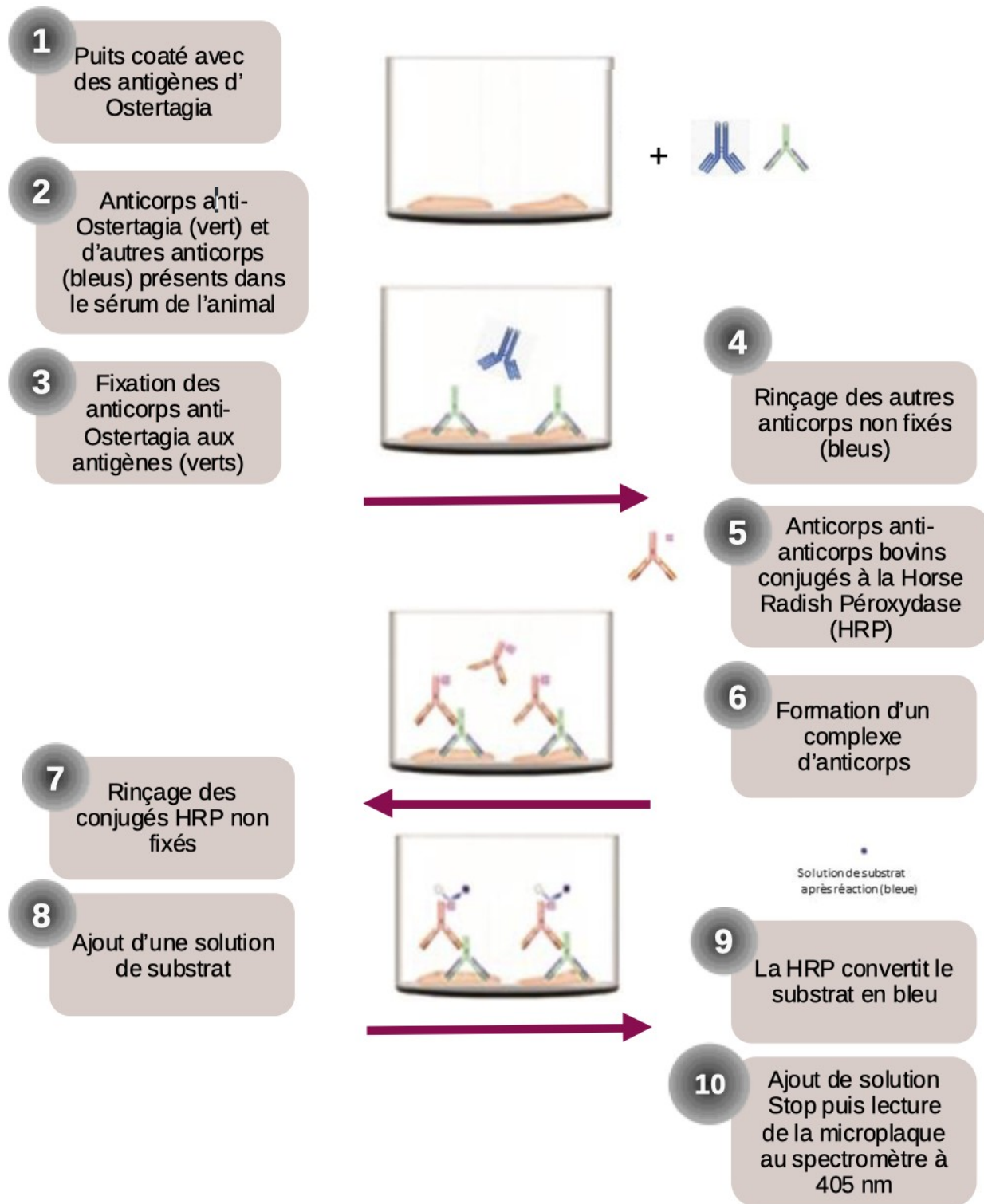


Figure 7 : Principe de fonctionnement du kit ELISA anti-ostertagia.

Source : Personnelle d'après la thèse de Delphine de Cherade de Montbron.

#### 4.4. Mesure des hématocrites

La mesure de l'hématocrite (HT) permet d'évaluer l'état de santé général de l'animal via le volume occupé par les globules rouges par rapport au volume total de sang. Un taux d'hématocrite moyen se situe entre 25 et 40 %, si les valeurs de l'animal sont inférieures à 25 %, on parle d'anémie (légère si entre 20 et 24 %, modérée entre 14 et 19 %, sévère entre 10 et 13%) (Weiss 2002).

La mesure se réalise à partir du prélèvement sanguin sur tube EDTA. Le prélèvement doit être de bonne qualité et l'analyse doit se faire rapidement pour garantir un résultat interprétable. Jusqu'à l'analyse, le tube doit être conservé au frais. Le tube EDTA est homogénéisé une dizaine de minutes avant analyse grâce à un agitateur automatique. Puis le sang est prélevé avec un tube à micro-hématocrite (*Vitrex® Ref 160214*) qui est bouché avec de la pâte de scellement. Ce micro-tube est ensuite centrifugé 5 minutes à 10 000 tours/minute (Centrifugeuse à micro-hématocrite *Heraeus® Biofuge Haemo*). On effectue la lecture directement sur le tube en comparant la séparation entre les éléments figurés du sang et le sérum à une grille de référence (Figure 8).

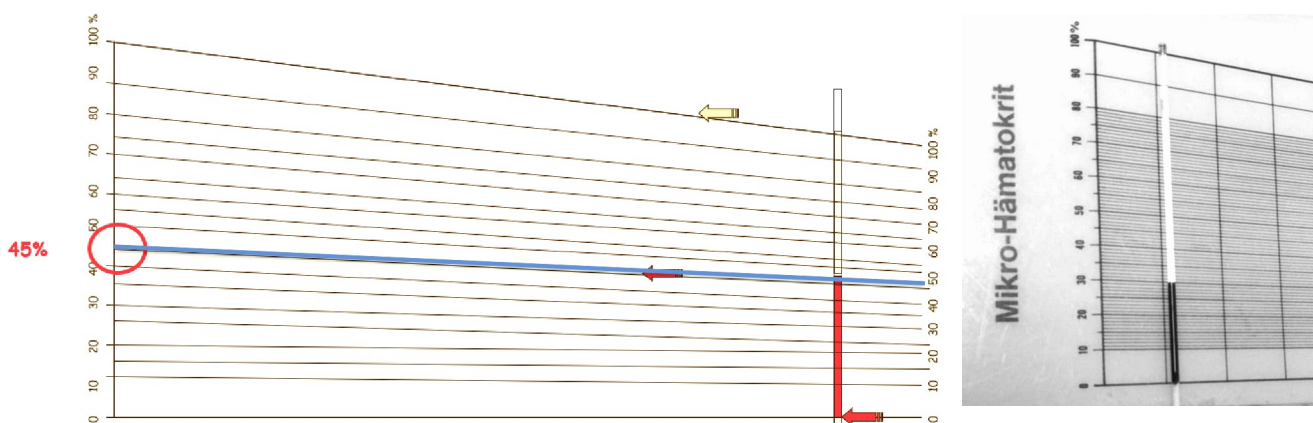


Figure 8 : Illustration de l'abaque de lecture d'hématocrite.

Source : <https://www.pedagogie.ac-nantes.fr>, photographie personnelle.

## **5. Les données zootechniques : Pesée et gain moyen quotidien (GMQ), comme témoin de la croissance des jeunes bovins**

Dans le cadre du contrôle de performances, les animaux prélevés ont eu un suivi régulier de leur poids permettant de définir, pour chacun d'eux, deux Poids Age Type (PAT), un à 120 jours et l'autre à 210 jours. Ces PAT permettent de comparer le poids d'animaux du même élevage, entre élevages ainsi qu'avec les standards de la race lors d'une année n. Les PAT varient en fonction de la race, de l'année, du sexe, du rang et de la saison de vêlage. Pour s'affranchir de l'effet troupeau, les PAT sont convertis en valeur base 100 avec les P120 % et P210 % grâce aux pesées effectuées sur tous les veaux de l'élevage dans lequel on se situe et durant l'année n. Ainsi, un veau d'un élevage X peut être comparé aux veaux présents dans la cohorte dans laquelle il évolue. Plus le suivi est régulier plus le PAT est précis, dont plus les comparaisons entre animaux seront précises (Boulesteix, Delpeuch 2022).

Grâce aux données de poids à 120 et 210 jours un GMQ (Gain Moyen Quotidien) a pu être calculé pour chaque veau.

## **6. Identification des larves obtenues en coproculture**

L'identification larvaire repose sur l'analyse morphologique des larves L3. La première étape consiste à récolter ce stade larvaire grâce aux coprocultures, réalisées à partir des prélèvements utilisés pour les coproscopies.

### **6.1. Récolte des larves et coproculture**

Les coproscopies réalisées au préalable permettent une quantification individuelle de l'excrétion des SGI, toutes espèces confondues. La coproculture permet de discriminer les différentes espèces de strongles.

Des coprocultures de mélange sont réalisées à partir des échantillons individuels positifs à la coproscopie. Le mélange se fait pour des veaux de même saison de pâture, pour une date de prélèvement donnée et pour un élevage donné.

Les fèces incubent quatorze jours à 24° ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ), qui est la température optimale moyenne de croissance pour les espèces de nématodes d'intérêt. La température, l'oxygénation et l'humidité des bocal doivent être contrôlées quotidiennement. Dans ces conditions, les œufs évoluent jusqu'au stade larvaire L3. Les larves peuvent ensuite être collectées. La récolte nécessite plusieurs étapes. Le pot de coproculture est rempli d'eau du robinet à

température ambiante puis retourné sur une boîte de Pétri. De l'eau est rajouté dans la boîte de Pétri pour permettre aux larves de se concentrer dans le liquide au bout de 24 et 48 heures (Annexe 7). Une fois extraites des fèces et concentrées dans le compartiment de collecte, il ne reste plus qu'à prélever les larves à l'aide d'une micro-pipette automatique. Elles sont conservées dans des tubes Falcon de 50 ml à +4°C jusqu'à l'identification. 80 µL de liquide sont prélevés et placés entre lame et lamelle, puis observés au microscope à l'objectif 10 et 40 pour les observations fines.

## 6.2. Analyse morphologique

L'identification se base uniquement sur des critères morphologiques définis par (Van Wyk, Mayhew 2013). Brièvement, la longueur de la larve, la longueur de la queue et de la queue de gaine, la présence ou non de corpuscules réfringents à l'extrémité antérieure de la larve sont les critères qui ont été les plus utilisés pour la diagnose d'espèce (Figure 9). La même personne a réalisé les identifications de toutes les larves obtenues durant l'étude.

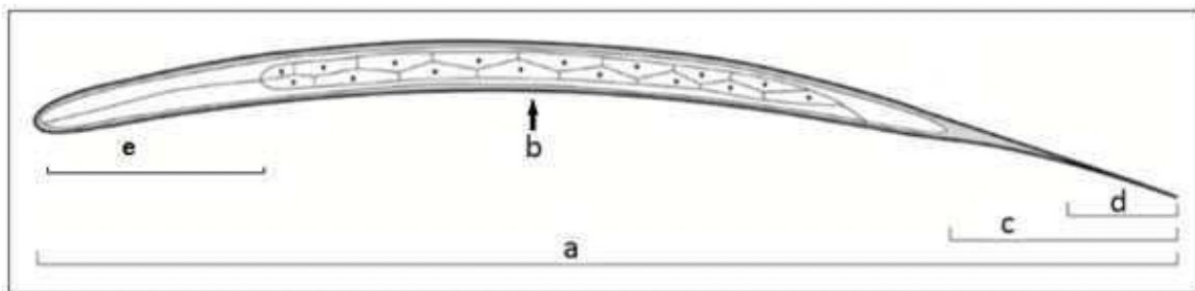


Figure 9 : Représentation schématique d'une larve infestante illustrant les principaux critères de diagnose utilisés :

a – Longueur totale de la larve ; b – Nombre et forme des cellules intestinales ; c – Longueur de la queue ; d – Longueur de la queue de la gaine ; e – Taille de l'oesophage.

Sources : D'après Van Wyk et al. (2004).

# RESULTATS

## 1. Caractérisation de l'environnement

### 1.1 Résultats du suivi météorologique

La figure 10 présente les paramètres météorologiques des quatre années de prélèvements ainsi que les valeurs moyennes relevées entre 2007 et 2021 à la station météorologique de Montaut en Ariège.



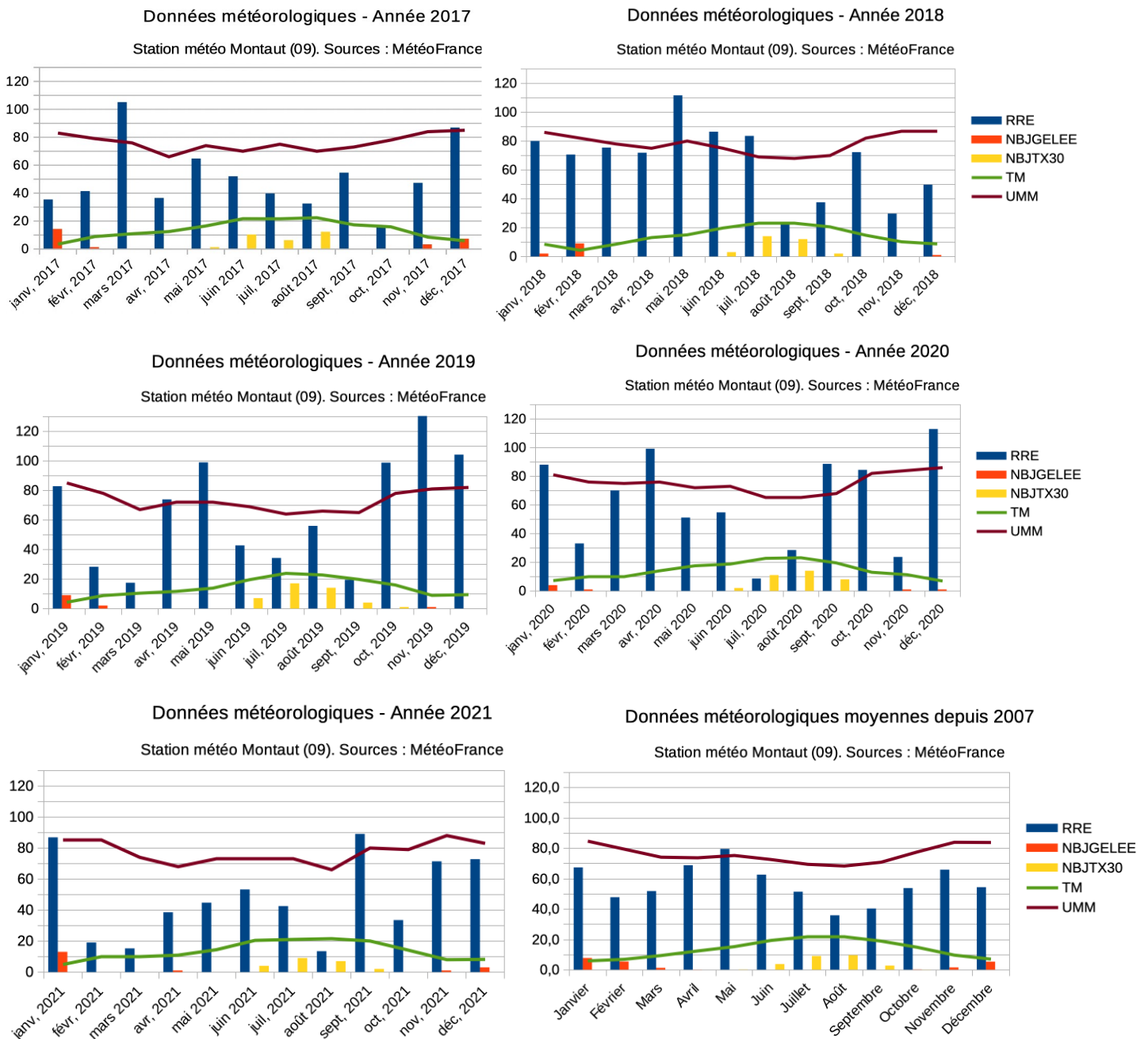


Figure 10 : Ensemble de graphiques représentant la cinétique des paramètres météorologiques d'intérêt dans cette étude.

- A - Relevé météorologique de la station de Montaut en 2017
- B – Relevé météorologique de la station de Montaut en 2018
- C - Relevé météorologique de la station de Montaut en 2019
- D - Relevé météorologique de la station de Montaut en 2020
- E - Relevé météorologique de la station de Montaut en 2021
- F – Normales de saison (relevés à la station de Montaut entre 2007 et 2021)

Légende :

- RRE : Cumul des hauteurs de précipitations mensuelle, en millimètre et au dixième ;
- NBJGGELEE : Nombre de jours dans le mois avec gelée, en nombre de jours ;
- NBJTX30 : Nombre de jours dans le mois avec une température supérieure ou égale à 30°C, en nombre de jours ;
- TM : Température moyenne mensuelle, en degré Celsius et au dixième ;
- UMM : Moyenne mensuelle des humidités quotidiennes, en pourcentage.

Le principal facteur de variation annuel semble être le cumul des précipitations mensuelles.

En effet, en 2018 les mois entre janvier et juillet ont été particulièrement pluvieux par rapport aux normales attendues, ce qui est très favorable au SGI.

L'hiver et l'été 2019 ont été plutôt secs mais les fortes précipitations du début de printemps et du début d'automne ont également été favorables au développement exogène des SGI. En outre, cette année là, le mois d'août a été plus pluvieux que la normale et après plusieurs semaines de sécheresse, ce qui peut rapidement conduire à une augmentation du risque parasitaire.

En 2020, les mois de juillet et d'août furent très secs avec un rebond de la pluviométrie dès le mois de septembre, très propice aux infestations larvaires surtout en fin de saison de pâture.

2021 a été une année globalement très sèche, avec moins de pluie que la normale entre février et août. Dans ce contexte, le cycle exogène des SGI, ainsi que la succession des générations de strongles digestifs chez les animaux au pâturage ont tendance à ralentir. A partir de septembre 2021, les pluies sont redevenues abondantes ce qui peut augmenter le risque parasitaire si les animaux sont laissés à l'herbe.

Concernant les variables relatives à la température et à l'humidité elles suivent globalement les mêmes tendances d'une année à l'autre, et sont dans les normales des quinze dernières années.

## 1.2 Conduite d'élevage

Le tableau 15 fait part de la durée approximative de pâturage des veaux prélevés dans l'étude.

		Station PEPIRAG		Miracles	E.Bertrand
		Veaux	Génisses		
<i>Date mise à l'herbe</i>	2018	15 mars	NC	X	X
	2019	1 avril	NC	X	X
	2020	10 mars	NC	10 mars	NC
	2021	23 mars	NC	20 mars	NC
	<b>Moyenne</b>	<b>12 mars</b>	<b>Début avril</b>	<b>15 mars</b>	<b>20 février</b>
<i>Date rentrée</i>	<b>Moyenne</b>	<b>15 novembre</b>	<b>Fin septembre</b>	<b>15 décembre</b>	<b>20 décembre</b>
<i>Durée du pâturage = TCE</i>	2018	Entre 7 et 8 mois *	6 mois	X	X
	2019	Entre 6 mois 1/2 et 7 mois 1/2 *	6 mois	X	X
	2020	Entre 7 et 8 mois *	6 mois	9 mois	10 mois
	2021	Entre 6 mois 3/4 et 7 mois 3/4 *	6 mois	9 mois	10 mois
	<b>Moyenne</b>	<b>6 mois 3/4 et 7 mois 3/4 *</b>	<b>6 mois</b>	<b>9 mois</b>	<b>10 mois</b>

\* Les veaux de la station sont rentrés en bâtiment l'été durant les périodes de sécheresse, la durée de rentrée en bâtiment n'excède jamais un mois, mais peut participer à casser les successions de générations parasitaires.

Tableau 15 : Durée de pâturage approximative des veaux suivis au cours des quatre saisons de pâturage.

Chez PEPIRAG, les TCE moyens sont inférieurs à 8 mois. Dans le cas des élevages Miracles et Bertrand, les TCE paraissent largement suffisants pour la mise en place d'une immunité concomitante compétente.

### 1.3 Bilan du risque parasitaire auquel ont été soumis les veaux et les génisses durant les deux premières années de pâture

Le tableau 16 est une synthèse des pratiques de pâturage des exploitations participantes à cette étude (cf. partie matériel et méthode). Les spécificités de chacune de ces exploitations sont utilisées afin d'optimiser la période de pâturage. Le but principal étant le rendement fourrager. Néanmoins, les pratiques mises en œuvre pour y parvenir permettent également une gestion intéressante de la charge parasitaire des parcelles (Tableau 16) :

	<b>PEPIRAG</b>	<b>Miracles</b>	<b>Bertrand</b>
<i>Pâturage extensif</i>	Oui	Oui	Oui
<i>Chargement faible</i>	Oui	Oui	Oui
<i>Pâturage tournant</i>	Oui	Oui (rares parcelles)	Oui (toute la surface dédiée au pâturage)
<i>Maximum 4 jours / parcelle</i>	Oui	Oui	Oui
<i>Pâturage mixte</i>	Couple mère-veau (ponctuel)	Couple mère-veau (en permanence)	- Couple mère-veau - Bovins / équins
<i>Si manque affouragement</i>	Rentrée en bâtiment (semaines les plus sèches)	Complémentation en fourrage (fin de saison de pâture)	Jamais le cas (surface dédiée au pâturage largement supérieure au besoin du troupeau)

Tableau 16 : Techniques de pâturage des exploitations incluses dans l'étude permettant une maîtrise de la charge parasitaire.

Les animaux prélevés sont de trois élevages **sélectionneurs de race Gasconne des Pyrénées, localisés dans le piémont pyrénéen Ariégeois**. Les conduites d'élevage et de pâturage bien que spécifiques à chaque exploitation permettent un élevage des jeunes bovins et une gestion du parasitisme globalement comparables. Outre le fait de ne **pas** appliquer systématiquement un **traitement AH**, la proximité géographique entre les 3 élevages **limite probablement les variations dues aux conditions météorologiques même si on ne peut pas exclure des différences de pluviométrie liées à des orages localisés**.

## 2. Indicateurs parasitologiques par élevage

L'ensemble des données brutes collectées se trouve à la fin du recueil au niveau de l'annexe 4 (Annexe 4).

### 2.1 Résultats coproscopiques des veaux de première année de pâture

- Intensité et cinétique individuelle d'excrétion des œufs de SGI

La figure 11 présente les cinétiques d'excrétion d'œufs de SGI, chaque graphique représente la cinétique d'excrétion pour une année donnée à la station de sélection de PEPIRAG.

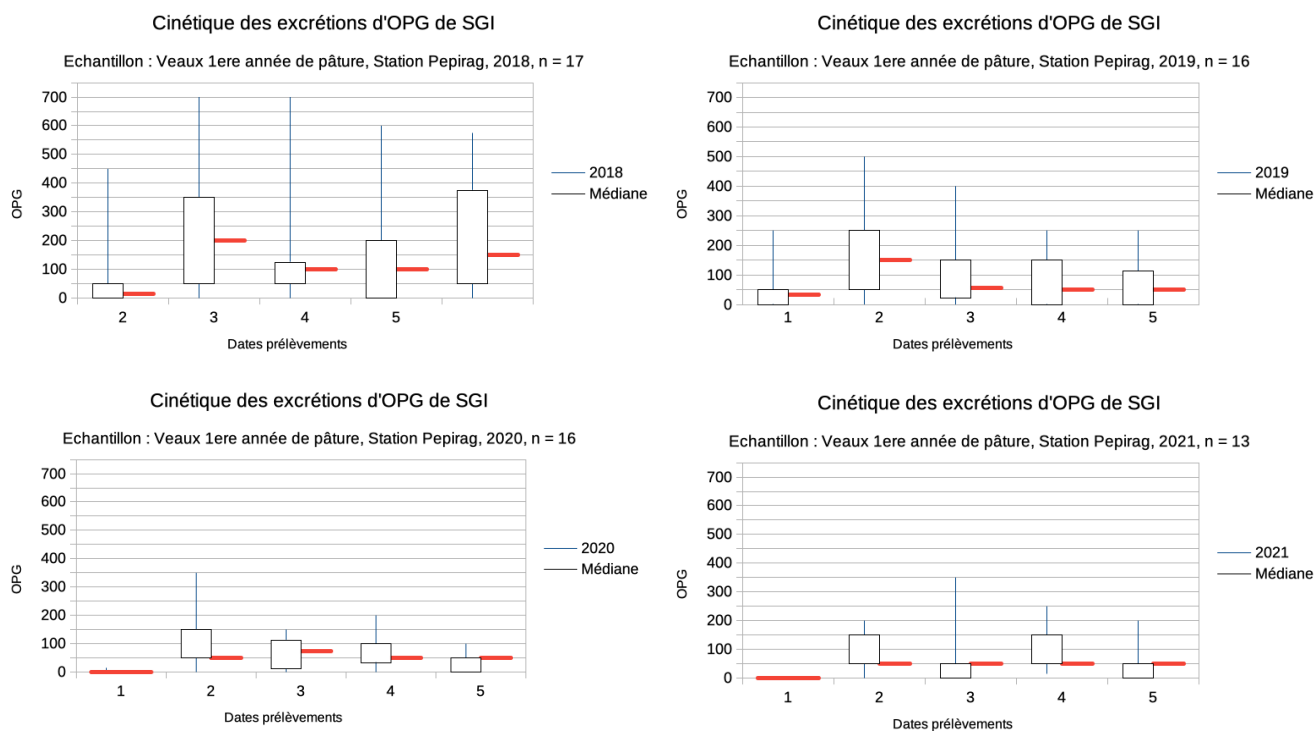


Figure 11 : Ensemble de graphiques représentant les cinétiques d'excrétion d'OPG des veaux de première année de pâture à la station PEPIRAG, durant les 4 années de suivi.

Les excréments ont été plus élevées sur l'ensemble de la première année d'étude (2018). Cela peut s'expliquer par la pluviométrie importante au début de l'année 2018 qui a probablement été très favorable au développement des populations de SGI sur les pâtures. Concernant les trois années suivantes, la médiane dépasse rarement le seuil des 100 opg, avec des excréments maximales elles aussi plutôt faibles, ne dépassant que ponctuellement 300 opg. En outre, la cinétique d'excrétion semble toujours suivre la même tendance d'une année à l'autre. Avec des excréments quasiment nulles en début de saison de pâture, le temps que les veaux ingèrent les L3 infestantes puis que le cycle endogène du parasite se réalise. L'excrétion maximale est atteinte lors du deuxième ou troisième prélèvement, puis la quantité d'œufs excrétés diminue au fil de la saison de pâture. Un rebond est parfois visible en fin de saison et peut également s'expliquer par le retour d'une pluviométrie plus importante après le mois d'août.

La figure 12 présente les cinétiques d'excrétion d'œufs de SGI dans les élevages Miracles et Bertrand, chaque graphique représente la cinétique d'excrétion pour une année donnée dans chacun de ces élevages.

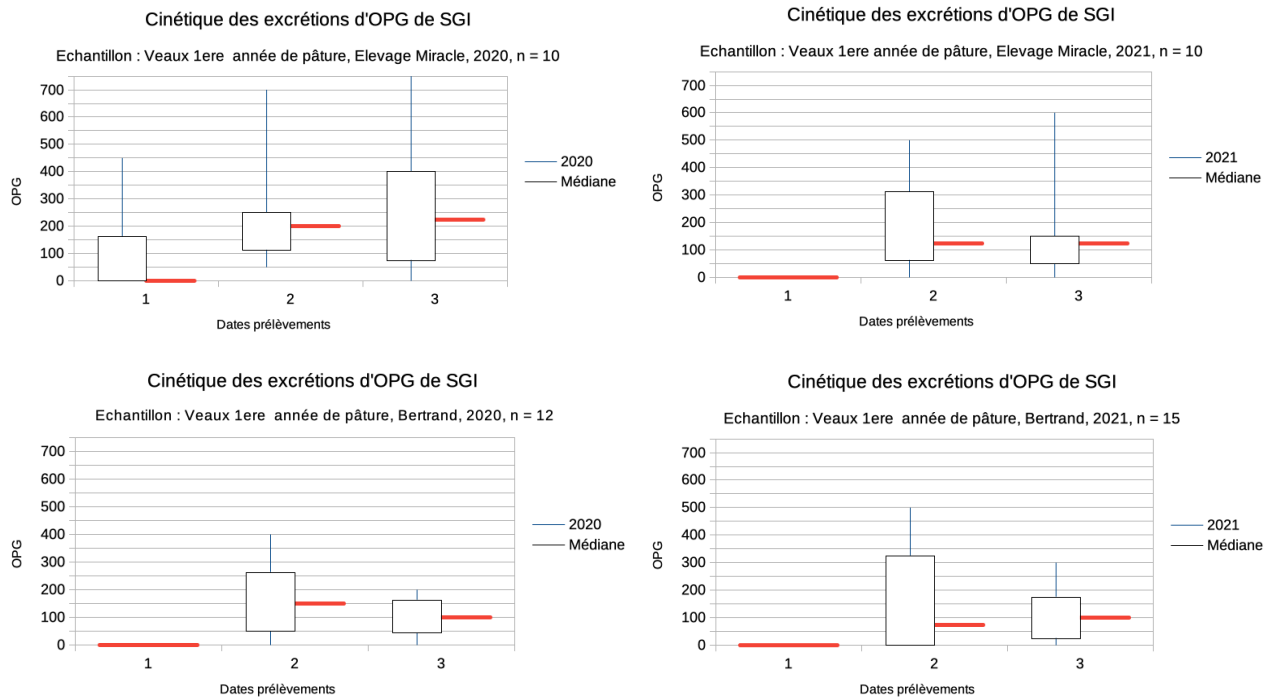


Figure 12 : Ensemble de graphique représentant les cinétiques d'excrétion d'OPG des veaux de première année dans les élevages Miracles et Bertrand, durant les 2 années de suivi.

Dans ces élevages « témoins » la cinétique d'excrétion semble également suivre la même tendance, avec un pic d'excrétion vers la fin du mois du juin, hormis pour l'année 2020 au GAEC Miracles où les veaux ont connu un fort niveau d'excrétion en fin d'été. Le rebond d'excrétion de fin de saison de pâture n'est pas présent, hormis chez Miracles en 2020, car le dernier prélèvement a lieu tôt dans la saison de pâture (le 26 août 2020).

### 2.1.1. Profils d'excrétion mis en évidence

Les tableaux 17, 18 et 19 présentent les pourcentages de veaux selon leurs types de régulation des SGI (Gasbarre, Leighton, Sonstegard 2001) par élevage et par année. Pour classer les veaux, nous avons repris la classification de Gasbarre évoqué dans la partie bibliographie. Pour rappel, les trois catégories sont :

- Les veaux régulateurs « précoces » dont le profil d'excrétion d'opg reste bas tout au long de la saison. Pour cette catégorie chaque veau a été classé à deux reprises, la première fois avec un seuil à ne pas dépasser au long de la saison et fixé à 100 opg, puis une seconde fois avec un seuil fixé à 150 opg.

- Les veaux régulateurs « tardifs » dont l'excrétion d'œufs est importante lors des premières semaines de pâturage mais où un phénomène de régulation se met en place et où des valeurs d'excrétion d'opg reviennent à un niveau bas (en dessous de 100 opg).
- Et enfin, les veaux « non régulateurs » et dont l'excrétion d'œufs est importante et tend à augmenter tout au long de la saison de pâturage.

Un très faible nombre de veaux n'a pas pu être classé dans ces trois catégories. Cependant, tous les veaux ont suffisamment été en contact avec les parasites et donc ont tous été excréteurs.

STATION G1		Nombre d'animaux	types de régulateurs				
			Précoce	Tardif	Non régulateur	Inclassable	Non excréteur
2018	Seuil 100	15	7 %	47 %	40 %	7 %	0 %
	Seuil 150		20 %	47 %	27 %	7 %	0 %
2019	Seuil 100	16	31 %	50 %	13 %	6 %	0 %
	Seuil 150		50 %	31 %	13 %	6 %	0 %
2020	Seuil 100	16	50 %	50 %	0 %	0 %	0 %
	Seuil 150		75 %	25 %	0 %	0 %	0 %
2021	Seuil 100	13	23 %	62 %	15 %	0 %	0 %
	Seuil 150		62 %	31 %	8 %	0 %	0 %
Moyenne 4 années	Seuil 100	60	28 %	52 %	17 %	3 %	0 %
	Seuil 150		52 %	33 %	12 %	3 %	0 %

Tableaux 17 : Pourcentage des types de régulateurs à la station PEPIRAG.

MIRACLE		Nombre d'animaux	types de régulateurs				
			Précoce	Tardif	Non régulateur	Inclassable	Non excréteur
2020	Seuil 100	10	20 %	30 %	50 %	0 %	0 %
	Seuil 150		20 %	30 %	50 %	0 %	0 %
2021	Seuil 100	10	40 %	40 %	20 %	0 %	0 %
	Seuil 150		50 %	30 %	20 %	0 %	0 %
Moyenne 4 années	Seuil 100	20	30 %	35 %	35 %	0 %	0 %
	Seuil 150		35 %	30 %	35 %	0 %	0 %

Tableaux 18 : Pourcentage des types de régulateurs au GAEC MIRACLES.

BERTRAND		Nombre d'animaux	types de régulateurs				
			Précoce	Tardif	Non régulateur	Inclassable	Non excréteur
2020	Seuil 100	12	33 %	58 %	8 %	0 %	0 %
	Seuil 150		50 %	42 %	8 %	0 %	0 %
2021	Seuil 100	15	40 %	40 %	20 %	0 %	0 %
	Seuil 150		47 %	40 %	13 %	0 %	0 %
Moyenne 4 années	Seuil 100	27	37 %	48 %	15 %	0 %	0 %
	Seuil 150		48 %	41 %	11 %	0 %	0 %

Tableaux 19 : Pourcentage des types de régulateurs chez Eric BERTRAND.

Les tests du Khi2 effectués sur les données brutes ne mettent pas en évidence de différence statistique entre les années dans la répartition des veaux selon les trois profils d'excrétion. Il en est de même pour l'élevage d'origine des animaux. Ainsi, **la proportion de veaux dans les trois profils d'excrétion est stable d'une année à l'autre et d'un élevage à l'autre.**

### 2.1.2. Héritabilité du type de régulation via le père

Ce caractère a été analysé chez les taureaux possédant au moins quatre descendants sur les quatre années d'étude cumulées (en vert dans le tableau 10). Dans un premier temps, nous avons uniquement cumulé les données des différentes années d'étude. Ainsi, les pourcentages des différents types de profils présents selon les différents élevages sont accessibles (Tableau 20).

Noms élevages	PEPIRAG					BERTRAND					MIRACLES					Total Taureau
	Type I (précoce)	Type II (tardif)	Type III (non régulateur)	Inclassable	Total Pepirag	Type I	Type II	Type III	Inclassable	Total Bertrand	Type I	Type II	Type III	Inclassable	Total Miracles	
BANCO	0	1	0	0	1	2	1	0	0	3	0	1	0	0	1	5
HONDO	1	2	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5
JACOB	2	6	2	2	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
JAPPELOUP	4	1	0	0	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6
LEGO	0	0	0	0	0	2	2	1	0	5	0	0	0	0	0	5
LOUBENS	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	7
MISTER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	4	4
NAGANO	1	3	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
NAGUSA	1	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
NEW LOOK	2	6	1	0	9	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	11
OEILLET	0	0	0	0	0	1	2	1	0	4	0	0	0	0	0	4
Total veau	13	24	5	2	44	6	6	2	0	14	4	2	4	0	10	68

Tableau 20 : Pourcentage des veaux en fonction de leurs types régulateurs, de leurs élevages d'origines et de leurs pères.

Du fait des effectifs insuffisants, l'effet génétique ne peut pas être dissocié de l'effet élevage. In fine, les années ainsi que les élevages ont été rassemblés (Tableau 21).

Noms des taureaux > 4 descendants	3 élevages confondus (PEPIRAG + BERTRAND + MIRACLES)				Total Descendants
	Type I (précoce)	Type II (tardif)	Type III (non régulateur)	Inclassable	
BANCO	40 %	60 %	0 %	0 %	5
HONDO	20 %	40 %	40 %	0 %	5
JACOB	17 %	50 %	17 %	17 %	12
JAPPELOUP	67 %	33 %	0 %	0 %	6
LEGO	40 %	40 %	20 %	0 %	5
LOUBENS	71 %	29 %	0 %	0 %	7
MISTER	20 %	40 %	40 %	0 %	5
NAGANO	20 %	60 %	20 %	0 %	5
NAGUSA	25 %	75 %	0 %	0 %	4
NEW LOOK	27 %	55 %	18 %	0 %	10
OEILLET	25 %	50 %	25 %	0 %	4
Moyenne	34 %	48 %	16 %	2 %	
Total veaux	24	31	12	1	68

Tableau 21 : Pourcentage des veaux en fonction de leurs types régulateurs et de leurs origines génétiques.

En ne conservant que les taureaux avec suffisamment de descendance et en cumulant les effectifs, 4 des taureaux apparaissent

comme donnant une descendance avec environ les mêmes pourcentages de types de



régulateur que Gasbarre et al. (2001) : il s'agit des taureaux Oillet, New Look, Nagano et Jacob. Certains taureaux semblent donner des veaux régulateurs (précoces et/ tardifs), c'est le cas de Banco, Jappeloup, Lego, Loubens. Hondo et Mister sont les taureaux dont les veaux de type III (non régulateurs) sont en forte proportion (40%).

### 2.1.3. Identification larvaire

La figure 13 représente les proportions des différentes espèces de SGI identifiées à l'issue des coprocultures. Ces observations ont été faites sur les deux dernières années de prélèvements chez les veaux de première année de pâture.

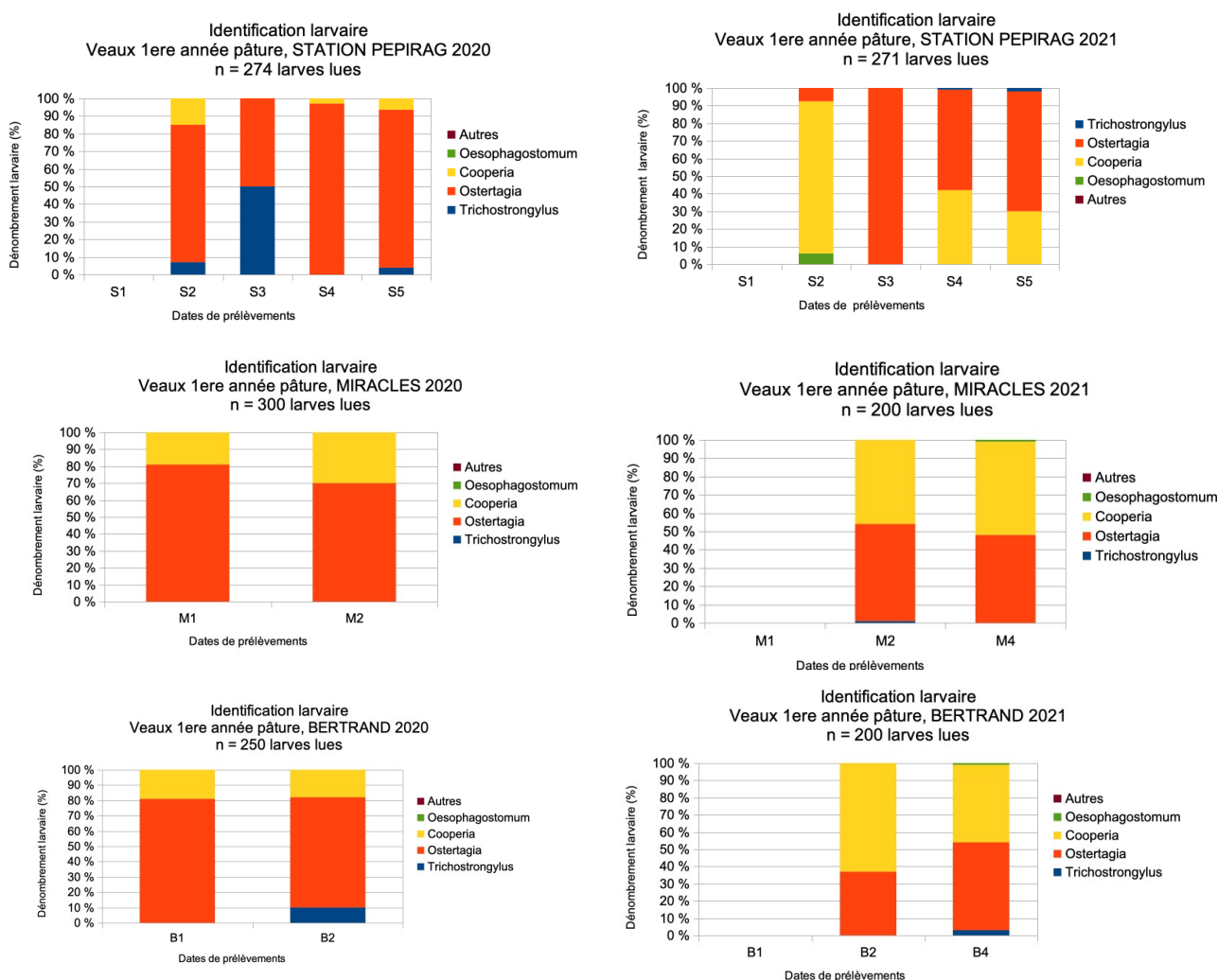


Figure 13 : Identification des larves de SGI présentes chez les veaux de première année de pâture dans les différents élevages en 2020 et 2021.

A – Station PEPIRAG ; B – GAEC MIRACLES ; C – Eric BERTRAND.

On retrouve une helminthofaune classique des jeunes bovins d'Europe de l'ouest tempérée avec la prédominance des deux espèces *Ostertagia ostertagi* et *Cooperia*

*oncophora*. Il semble que la proportion de *Cooperia* soit plus importante en 2021 qu'en 2020 dans les trois élevages.

## 2.2 Résultats coproscopiques des génisses de seconde année de pâture

### 2.2.1. Intensité et cinétique individuelles d'excrétion des œufs de SGI

La figure 14 présente les cinétiques d'excrétion d'œufs de SGI chez des génisses de seconde année de pâture de la station PEPIRAG, chaque graphique représente la cinétique d'excrétion pour une année donnée.

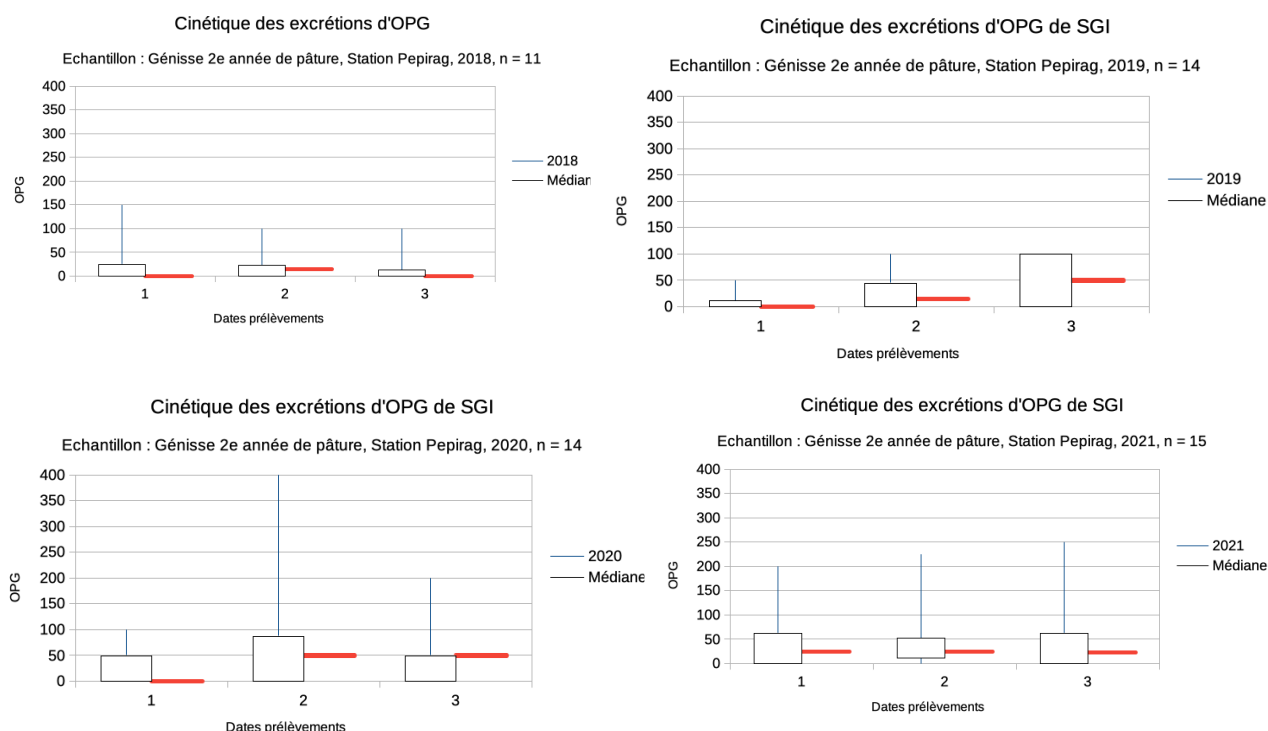


Figure 14 : Ensemble de graphique représentant les cinétiques d'excrétions d'OPG des génisses de seconde année de pâture à la station PEPIRAG, durant les 4 années de suivi.

Les excrétions d'œufs de SGI sont toujours très faibles en seconde année de pâture, la médiane ne dépasse jamais 50 OPG, et ce même en l'absence de traitement AH en première et en seconde année de pâturage. Sachant que les coproscopies sont réalisées avec la méthode de MacMaster, les variations inférieures à 50 OPG de différence ne sont pas significatives.

### 2.2.2. Profils d'excrétion

D'après les résultats d'excrétion très faible, l'ensemble des génisses de seconde année de pâture peut être catégorisées comme régulatrices précoces de l'infestation par les SGI. Cela signifie qu'une résistance a été acquise chez toutes ces génisses.

### 2.2.3. Identification larvaire

La figure 15 représente graphiquement la proportion de larves de SGI identifiées à l'issue des coprocultures sur les deux dernières années de prélèvements chez les génisses de seconde année de pâture.

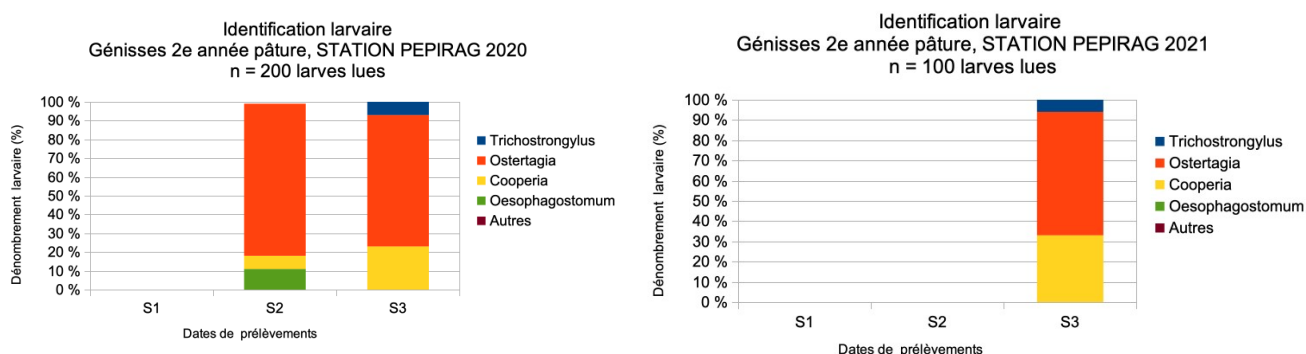


Figure 15 : Identification des larves de SGI présentes chez les génisses de seconde année de pâture à la station PEPIRAG en 2020 et 2021.

*Ostertagia ostertagi* reste l'espèce de SGI prédominante sur les deux années. La présence de larves d'*Oesophagostomum* est à noter, car cette espèce était absente des identifications de larves chez les veaux de première année de pâture.

## 3. Indicateurs d'exposition par élevage

### 3.1 Résultats des dosages de pepsinogène sanguin

#### 3.1.1. Des veaux de première année de pâture

La figure 16 présente les cinétiques du pepsinogène sanguin obtenues au cours des 4 années de suivi, effectuées chez les veaux de première année de pâture à la station de PEPIRAG.

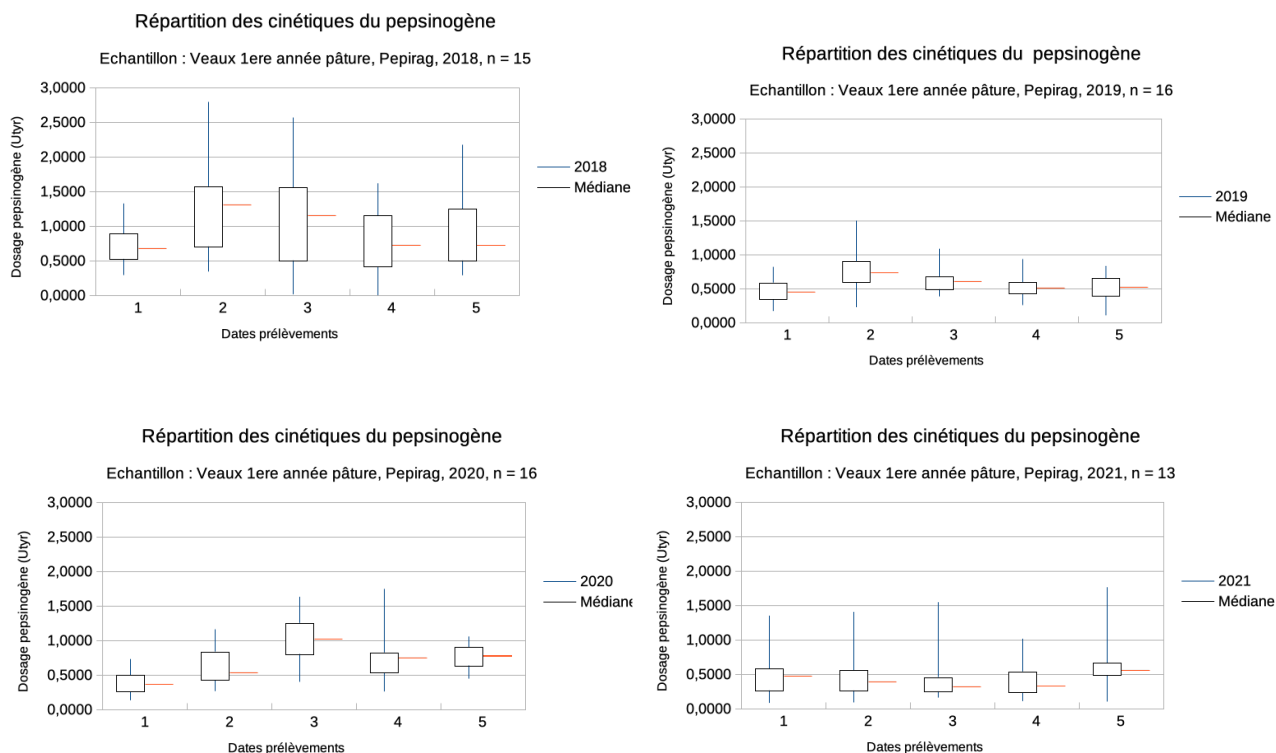


Figure 16 : Ensemble de graphiques représentant la cinétique du pepsinogène sanguin chez les veaux de première année de pâture lors des 4 années de prélèvement à la station de PEPirAG.

Les valeurs de pepsinogène sanguin augmentent au cours de la saison de pâture chez l'ensemble des veaux à l'exception notable de l'année 2021. Au fil des trois premières années, les cinétiques des valeurs de pepsinogène semblent suivre la même tendance. Avec en début de saison des valeurs de pepsinogène basses, autour de 0,5 U Tyr, puis une augmentation rapide avec un pic lors du deuxième ou troisième prélèvement. Après une diminution en fin d'été un rebond se dessine à l'automne lorsque les conditions météorologiques redeviennent favorables aux SGI et à de nouvelles infestations. La temporalité des variations est identique entre les niveaux de pepsinogène et les cinétique d'excrétion d'oeufs (Figure 16).

La figure 17 présente les cinétiques du pepsinogène sanguin obtenues au cours des 2 années de suivi effectué chez les veaux de première année de pâture dans les élevages « témoins ».

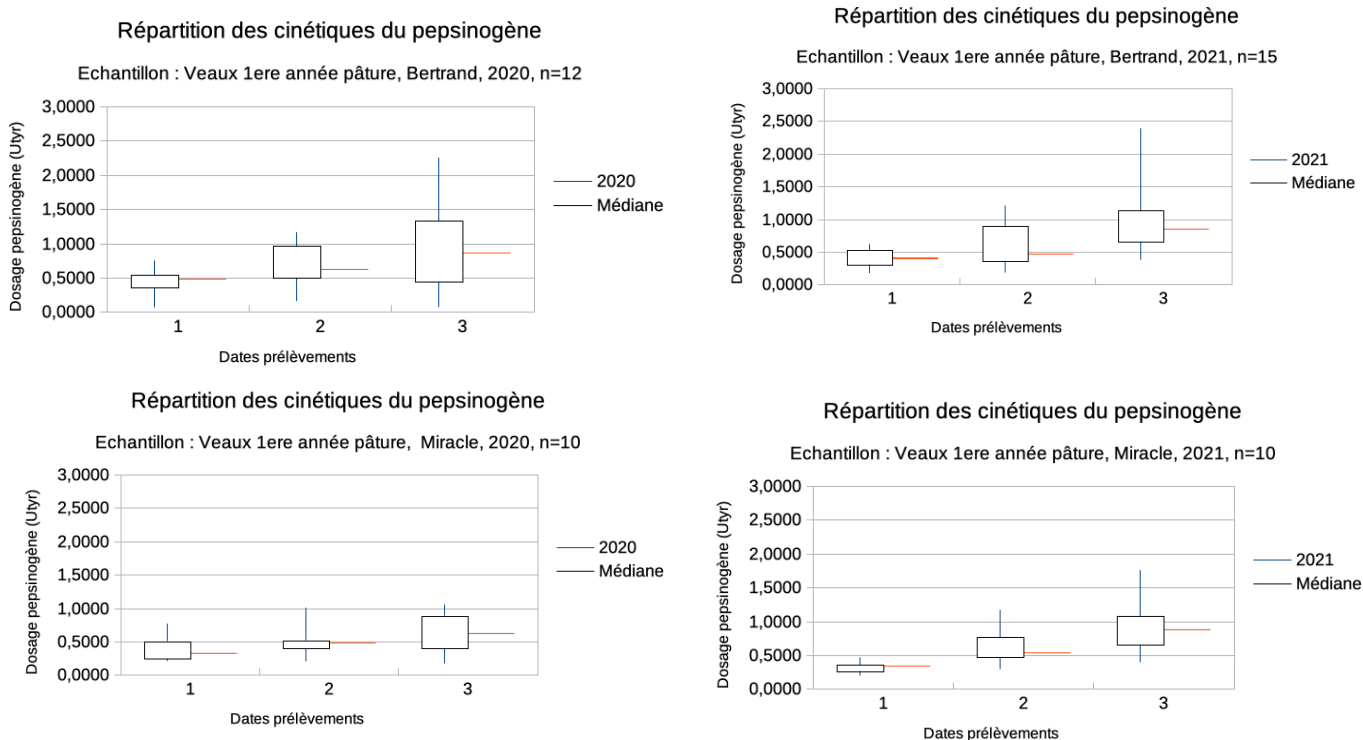


Figure 17 : Ensemble de graphiques représentant la cinétique du pepsinogène sanguin chez les veaux de première année de pâture lors des 2 années de prélèvement dans les élevages témoins.

Ici, comme pour le suivi d'excrétion des OPG, l'information est dégradée par rapport au suivi effectué à PEPIRAG. Cependant, les mêmes tendances qu'à PEPIRAG se dessinent : début de première saison de pâture avec un taux de pepsinogène sanguin autour de 0,5 Utyr, puis une augmentation de ce taux. Sachant que le troisième prélèvement a été effectué entre fin août et fin septembre dans ces élevages, il n'a pas été possible d'explorer un éventuel rebond en automne.

### 3.1.2. Des génisses de seconde année de pâture

La figure 18 présente les cinétiques du pepsinogène sanguin obtenues au cours des 4 années de suivi effectuées chez les génisses de seconde année de pâture à la station de PEPIRAG.

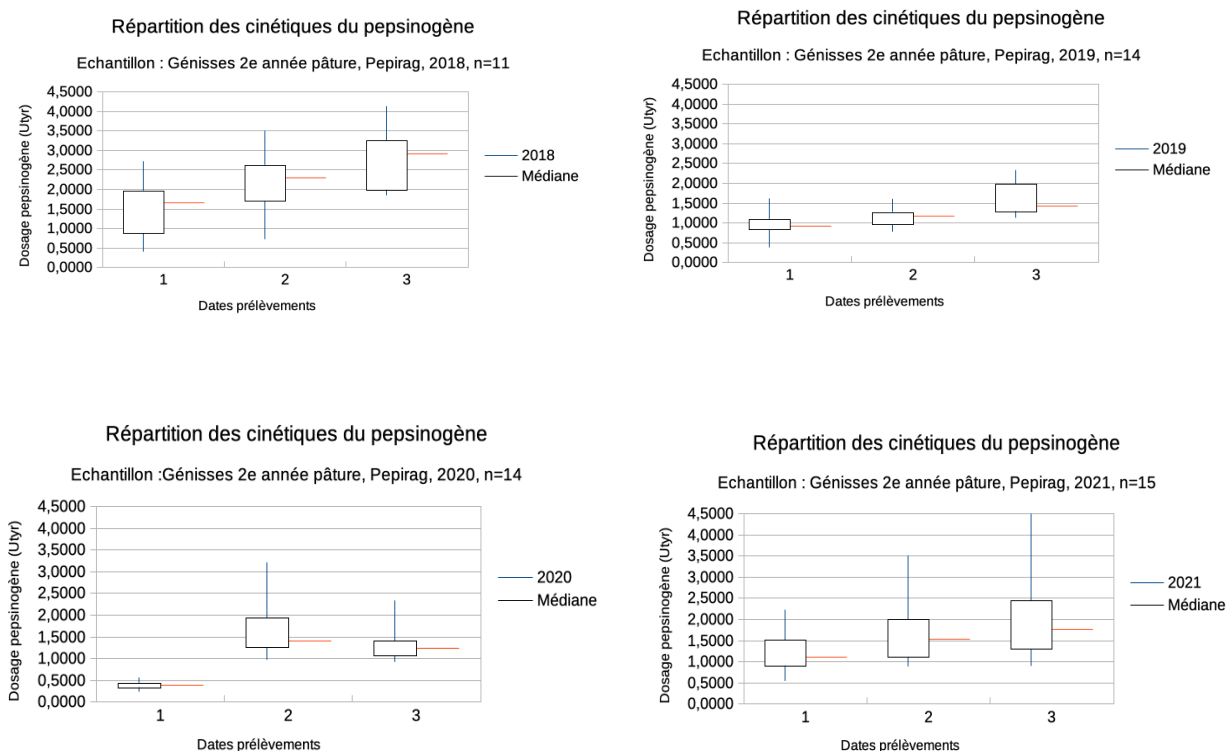


Figure 18 : Ensemble de graphiques représentant la cinétique du pepsinogène sanguin chez les génisses de seconde année de pâture lors des 4 années de prélèvement à la station de PEPIRAG.

Chez les génisses les taux de pepsinogène sont plus élevés dès le début de la seconde mise à l'herbe et ces taux augmentent plus fortement que lors de la première année de pâture. Les médianes dépassent rarement les 1 UTyr en première année de pâture (Figure 16), tandis qu'en deuxième année, les médianes sont rarement inférieures à 1 UTyr.

### 3.2 Résultats des dosages d'AC anti-*Ostertagia*

#### 3.2.1. Des veaux de première année de pâture

La figure 19 présente les cinétiques des valeurs de taux d'anticorps des veaux de première année de pâture pour les 4 années de suivi à la station PEPIRAG.

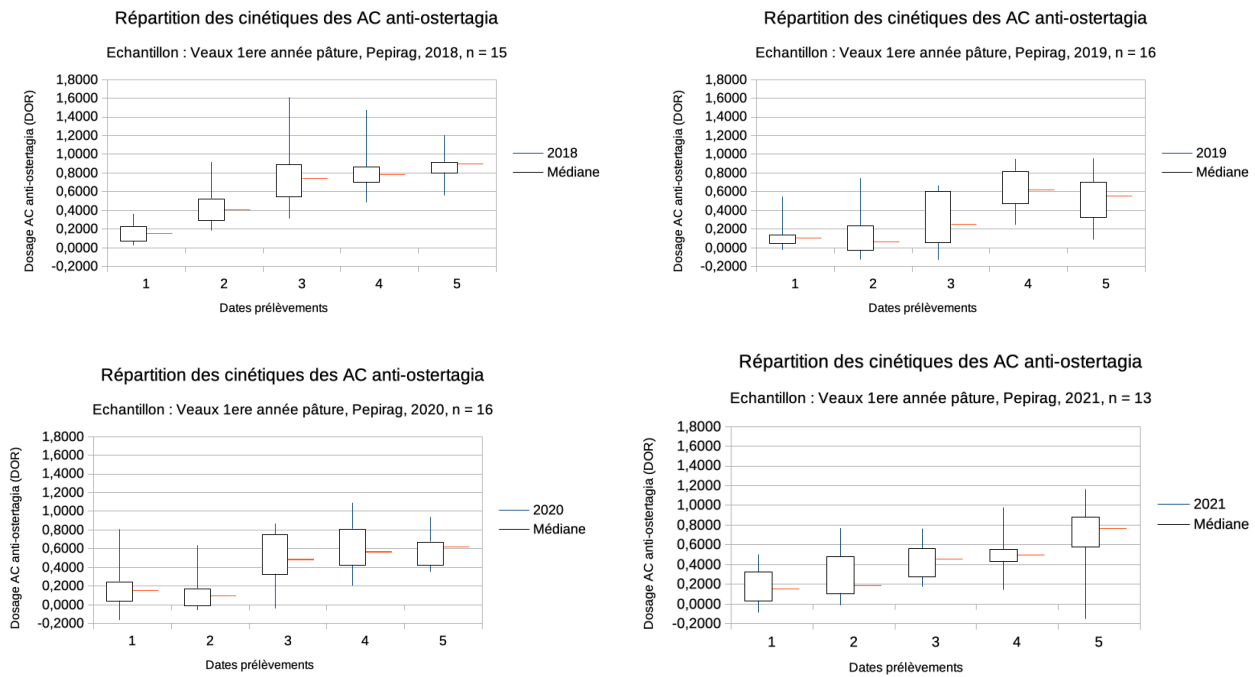


Figure 19 : Ensemble de graphiques représentant les cinétiques d’anticorps anti-*Ostertagia* des veaux de première année de pâture lors des 4 années de prélèvement à la station de PEPIRAG.

Les valeurs de RDO d’anticorps anti-*Ostertagia* augmentent tout au long de la saison de pâture. Le niveau basal se situe généralement entre 0 et 0,2 RDO, une augmentation rapide des densités optiques a lieu en début de saison de pâture puis l’augmentation bien que toujours présente, ralentit. Les médianes des RDO de fin de première saison de pâture s’étalent entre 0,6 et 0,9. A noter qu’en 2018, les valeurs obtenues sont plus importantes que pour les trois années suivantes.

La figure 20 présente les cinétiques des valeurs de taux d’anticorps des veaux de première année de pâture pour les 2 années de suivi dans les élevages témoins.

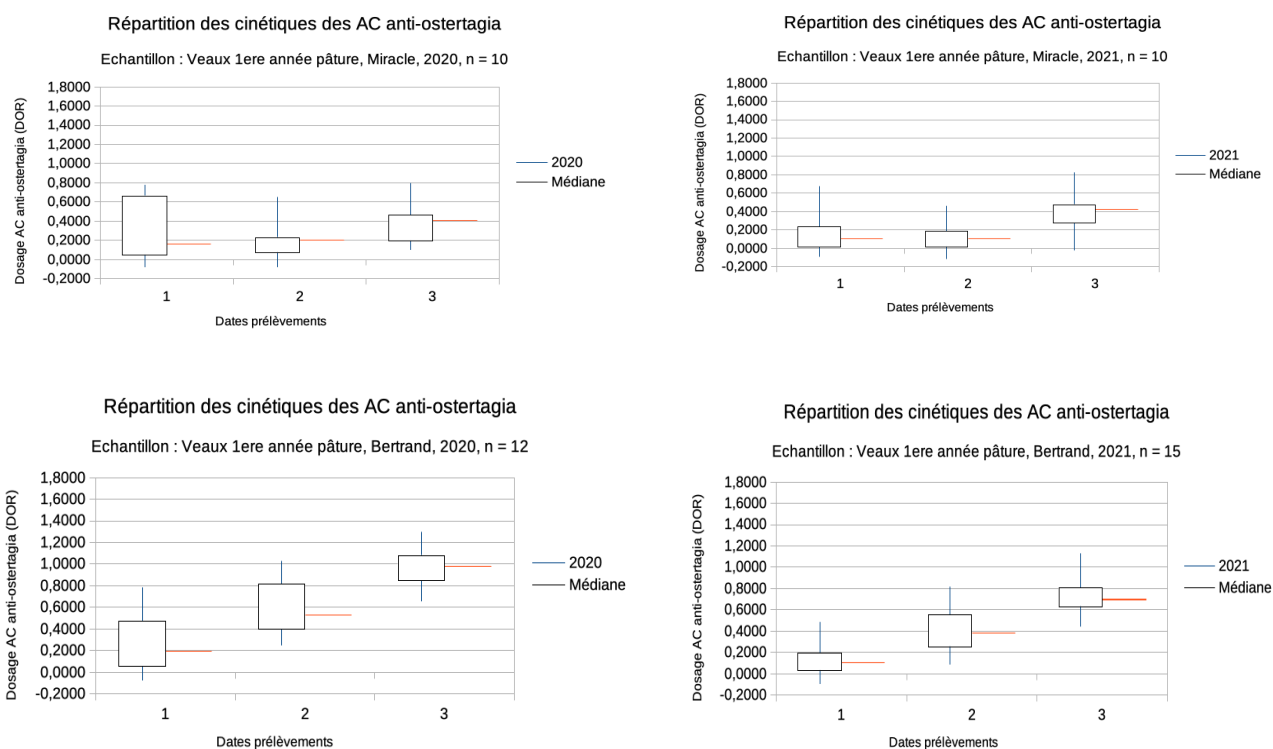


Figure 20 : Ensemble de graphiques représentant les cinétiques d'anticorps *anti-Ostertagia* des veaux de première année de pâture dans les élevages témoins lors des 2 années de prélèvement.

Les valeurs obtenues au GAEC Miracles restent stables et basses tout au long des deux saisons. En revanche, celles enregistrées chez E. Bertrand montrent une plus grande progressivité avec au final, des valeurs plus élevées.

Sur l'ensemble des graphiques concernant les veaux en première année de pâture (figure 16, 17, 19 et 20), on remarque que la **réponse en pepsinogène est plus précoce que la réponse en anticorps anti-*Ostertagia***, témoignant de la période de mise en place de la réaction immunitaire.

### 3.2.2. Des génisses de seconde année de pâture

La figure 21 présente les cinétiques des valeurs de taux d'anticorps des génisses de seconde année de pâture pour les 4 années de suivi à la station PEPIRAG.



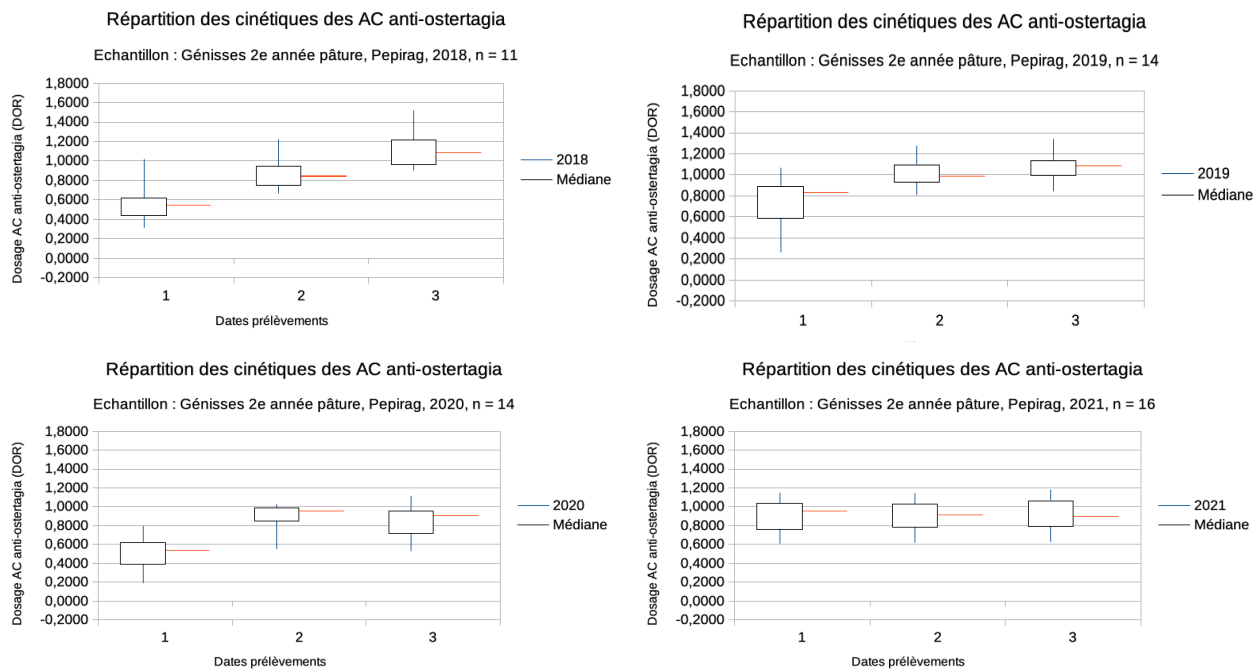


Figure 21 : Ensemble de graphiques représentant les cinétiques d'anticorps anti-Ostertagia des génisses de seconde année de pâture lors des 4 années de prélèvement à la station de PEPIRAG.

Chez les génisses ayant déjà pâturé, les valeurs d'anticorps anti-Ostertagia sont plus élevées dès le début de la seconde mise à l'herbe, entre 0,5 et 1 RDO. Ces valeurs se rapprochent de celles obtenues à la fin de la première saison de pâturage. Ensuite, les valeurs d'anticorps continuent d'augmenter durant la seconde saison de pâture, cependant cette augmentation est très légère contrairement la première saison de pâture.

## 4. Indicateurs cliniques et zootecniques

### 4.1 Valeurs des hématocrites

Que ce soit en première ou seconde année de pâture, les valeurs d'hématocrite se situent entre 29 et 52 % durant les 4 années confondues à PEPIRAG. Ces valeurs sont comprises dans les valeurs usuelles.

Pour les veaux de première année de pâture des élevages Miracles et Bertrand, les valeurs s'étalent de 24 à 52 % . Un seul veau a présenté une valeur d'hématocrite inférieure à 25 % et uniquement lors du premier prélèvement. Lors des prélèvements suivants la valeur de son hématocrite est repassée au dessus de 40 %.

## 4.2 Données de croissance

Le tableau suivant (tableau 22) présente les standards de poids de la race Gasconne des Pyrénées en 2021.

Age (jour)		Performances des veaux (campagne 2021)		
		Moyenne	Ecart-type	Nombre
Femelles	0 (PN en kg)	<b>38,2</b>	5,6	3896
	120 (PAT 120j en kg)	<b>153</b>	23	1140
	210 (PAT 210j en kg)	<b>233</b>	33	979
Mâles	0 (PN en kg)	<b>40,4</b>	6,1	3792
	120 (PAT 120j en kg)	<b>168</b>	27	1105
	210 (PAT 210j en kg)	<b>264</b>	44	815

Tableau 22 : Poids moyen des veaux de race Gasconne des Pyrénées sur la campagne 2021. PN = Poids à la naissance, P120j = Poids à 120 jours d'âge, P210j = Poids à 210 jours d'âge.

Source : Groupe GDP.

Soit un GMQ moyen entre la naissance et 120 jours d'âge de 0,950 kg pour les femelles et de 1,038 kg pour les mâles.

Soit un **GMQ moyen entre 120 et 210 jours d'âge de 0,889 kg pour les femelles et de 1,067 kg pour les mâles.**

Dans notre étude, la majorité des animaux prélevés sont des femelles. Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des données de croissance moyennes des élevages de l'étude ainsi que des standards de la race GDP pour les années correspondantes.

Année	Paramètre	PEPIRAG				MIRACLES				BERTRAND				RACE GDP			
		Effectif	P120	P210	GMQ (120 - 210)	Effectif	P120	P210	GMQ (120 - 210)	Effectif	P120	P210	GMQ (120 - 210)	Effectif	P120	P210	GMQ (120 - 210)
2018	Moyenne	15	155	241	0,954									NC	151	234	0,922
	Écart-type		26	26	0,079										23	34	NC
2019	Moyenne	15	161	263	1,133									NC	150	231	0,900
	Écart-type		20	31	0,164										23	34	NC
2020	Moyenne	16	151	252	1,124	8	182	282	1,121	10	161	242	0,904	NC	154	236	0,911
	Écart-type		17	21	0,074		11	12	0,087		11	12	0,065		25	35	NC
2021	Moyenne	13	144	241	1,072	7	177	279	1,143	13	143	228	0,948	979	153	233	0,889
	Écart-type		17	23	0,138		25	29	0,129		13	20	0,097		23	33	NC

Tableau 23 : Poids-âge type moyen à 120 et 210 jours, ainsi que GMQ moyen entre 120 et 210 jours d'âge des veaux femelle de première année de pâture.

Source : Personnelle et Groupe GDP.

En 2021, le PAT à 120 jours des vêles de PEPIRAG est légèrement inférieur à la moyenne, mais sans différence statistiquement significative (Test du Khi2). De plus, le

GMQ très élevée des animaux cette année là a permis une compensation rapide puisque le PAT moyen de la cohorte à 210 jours est finalement au dessus des standards de la race.

Ce tableau met en avant les très fortes capacités de croissance des animaux issus de l'élevage Miracles. Les moyenne enregistrées durant nos deux années d'étude sont largement au dessus des standards de la race.

Chez Bertrand, ce tableau montrent également des capacités de croissance très correctes même si les résultats sont plus nuancer. En 2020, les valeurs de PAT se rapprochent des standards de la race GDP. Cette même année, le GMQ reste dans les normes bien que très légèrement inférieur à la moyenne de la race. Pour l'année 2021, un GMQ élevé est observé mais les PAT ont du mal à atteindre les objectifs de croissance.

#### 4.2.1. Le Poids Age-Type (PAT)

La figure 21 représente le Poids Age Type converti en base 100 des veaux de première année de pâture de la station PEPIRAG. Ainsi, les veaux avec une bonne croissance par rapport à la cohorte dans laquelle ils évoluent seront au-delà de la barre rouge. Cette barre représente le PAT moyen de la cohorte.

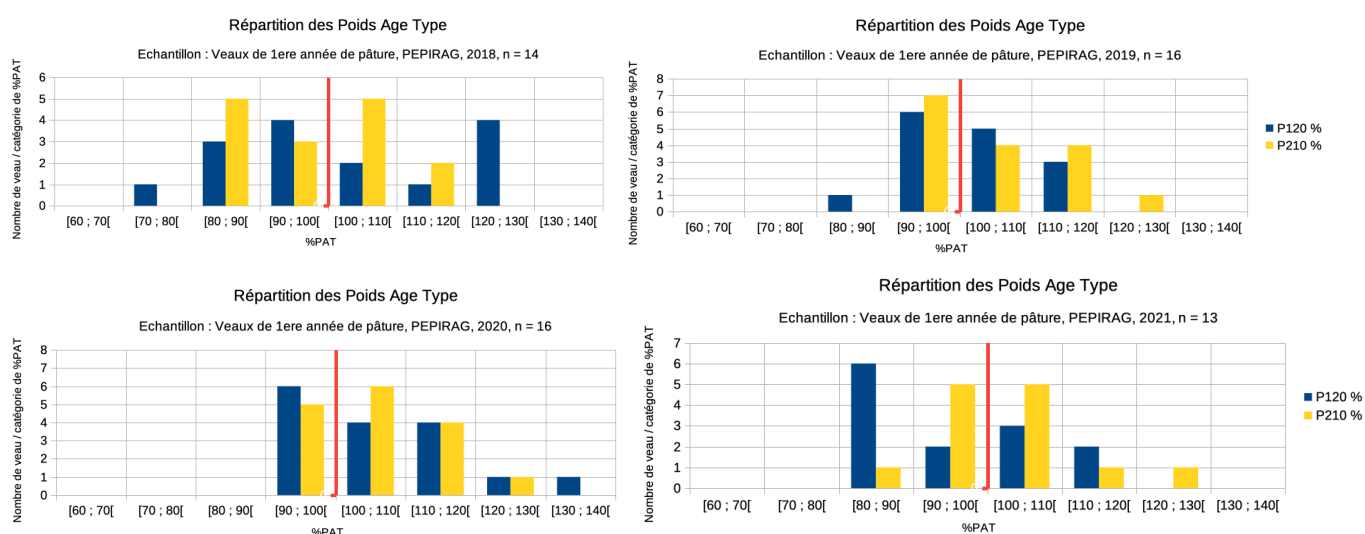


Figure 21 : Répartition des PAT base 100 des veaux de première année de pâture de la station de PEPIRAG durant les 4 années de suivi.

Une corrélation élevée entre le PAT à 120 jours et PAT à 210 jours se dessine au cours des quatre années. En 2018, une proportion non négligeable des veaux de la station ont un PAT 120 et un PAT 210 inférieurs au poids âge type standard de la cohorte dans

laquelle ils évoluent. Cela peut s'expliquer par l'excrétion plus élevée d'œufs de SGI durant cette même année, synonyme d'une pression parasitaire plus importante. Cette année là, la croissance des veaux a pu être impactée par le parasitisme.

La figure 22 représente le Poids Age Type converti en base 100 des veaux de première année de pâture des deux élevages témoins.

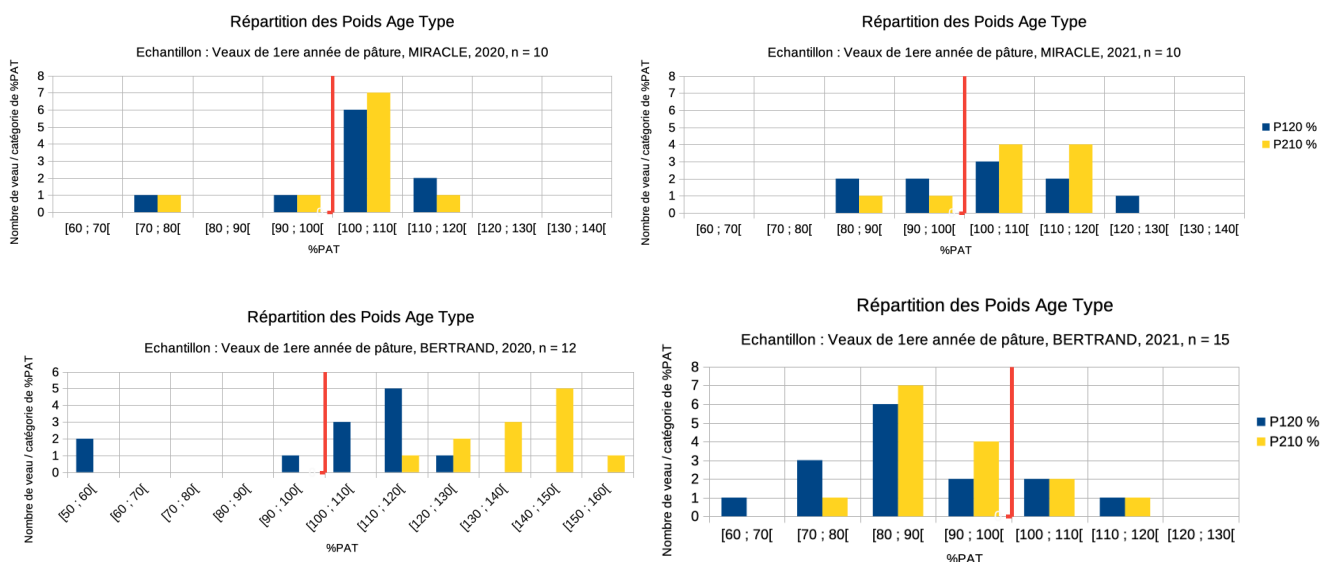


Figure 22 : Répartition des PAT base 100 des veaux de première année de pâture dans l'élevage Miracles et Bertrand, durant les 2 années de suivi.

Chez Bertrand, les deux années s'opposent avec en 2020 des veaux très bien conformés par rapport à la cohorte dans laquelle ils évoluent. Tandis qu'en 2021, une majorité des veaux sont en dessous du standard de la cohorte.

De plus, chez Bertrand en 2020, c'est le seul élevage et la seule année où les paramètres %120 et %210 ont un décalage aussi net, témoin d'une croissance très forte entre 120 et 210 jours d'âge, croissance qui chez cet éleveur se fait au pré (ici lors d'une année plutôt sèche).

#### 4.2.2. Le GMQ

La figure 23 représente le GMQ entre 120 et 210 jours des veaux de première année de pâture durant les quatre années de suivi à la station PEPIRAG.

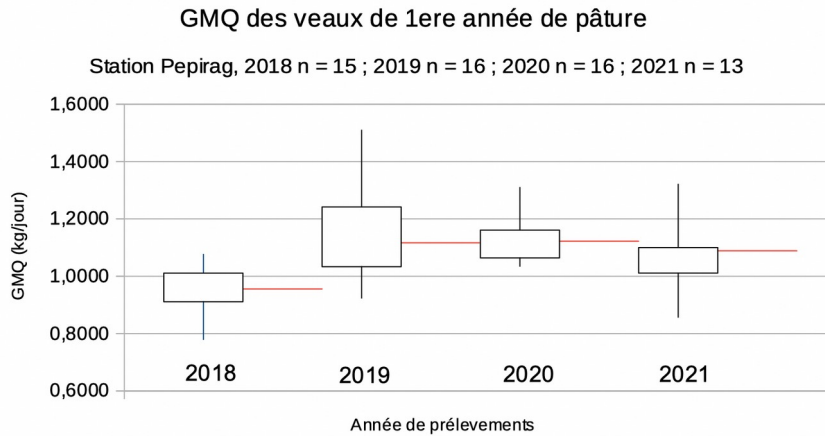


Figure 23 : Graphique représentant les GMQ entre 120 et 210 jours observés chez les veaux de première année de pâture à la station de PEPIRAG durant les 4 années de prélèvements.

Les GMQ obtenus entre 120 et 210 jours chez les veaux de première année de pâturage à la station sont plutôt stables et répondent aux objectifs de la filière viande Gasconne des Pyrénées car la majorité des veaux étudiés ont un GMQ supérieur à 1 kg / jour sur la période. Cette affirmation est à nuancer pour l'année 2018, où la quasi-totalité des veaux n'ont pas dépassé le kilogramme de gain journalier.

La figure 24 représente le GMQ des veaux de première année de pâture durant les deux années de suivi dans les élevages « témoins ».

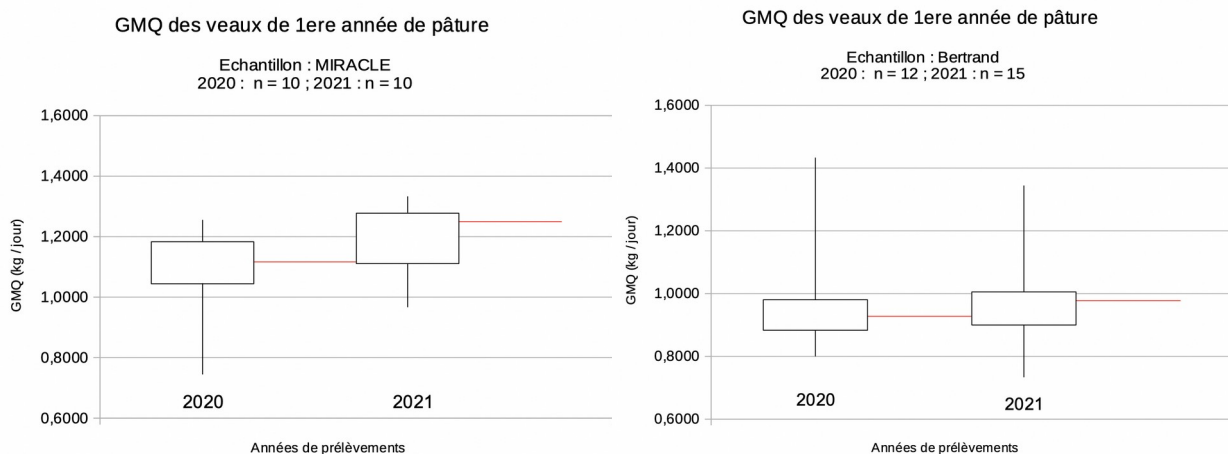


Figure 24 : Graphiques représentant les GMQ observés chez les veaux de première année de pâture chez Miracles et Bertrand durant les deux années de prélèvements.

Chez Miracles les résultats de GMQ obtenus se rapprochent des résultats obtenus à la station de PEPIRAG, avec notamment de très bonnes performances de croissance lors de la campagne 2021.

Chez Bertrand les GMQ sont inférieure à 1 kg / jour lors des deux années de suivi.

#### 4.2.3. Corrélation GMQ et OPG

La figure 25 représente la corrélation entre la somme des OPG obtenus lors des 5 prélèvements chez les veaux de première année de pâture et les PAT à 210 jours ramenée en base de 100. La corrélation avec le PAT à 120 jours n'est pas présentée car elle n'est pas pertinente dans la mesure où les veaux à 120 jours d'âge ne sont qu'au tout début de leur exposition aux SGI.

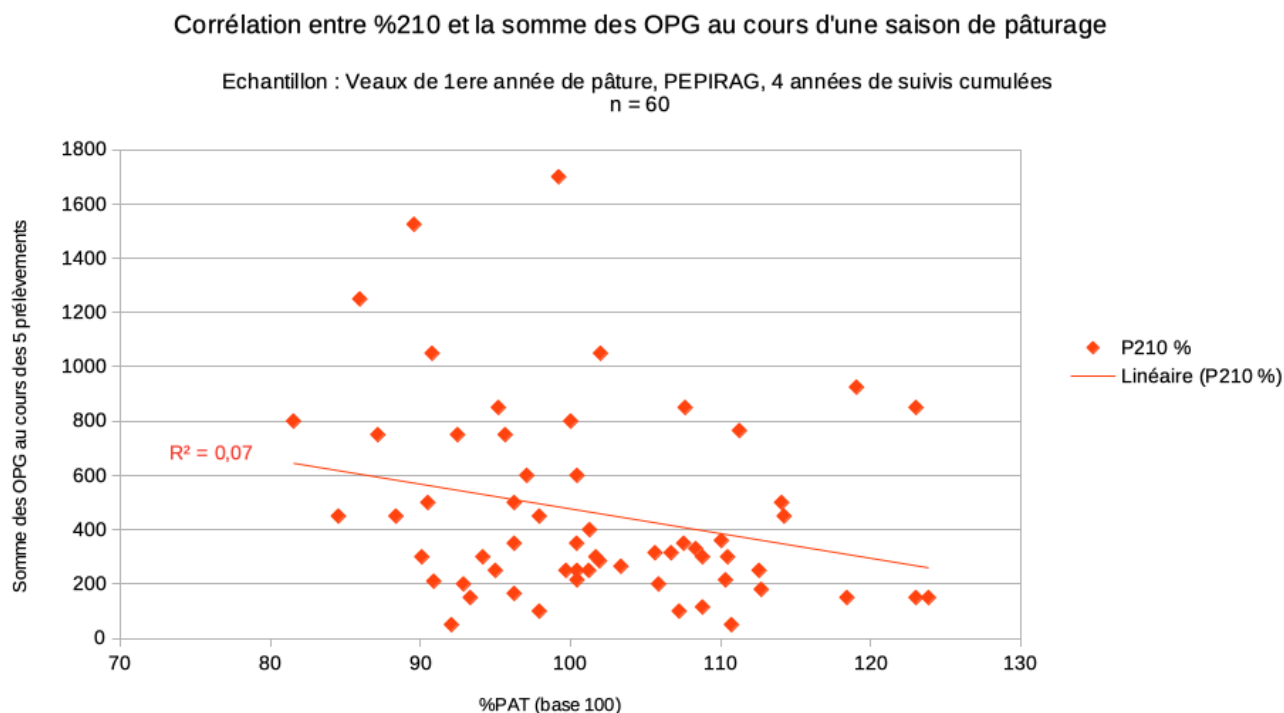


Figure 25 : Corrélation entre la somme d'opg excrété durant la saison de pâture et le paramètre de croissance %210, chez les veaux de premières année de pâture, 4 années confondues, à PEPIRAG. Avec  $r^2$  (P210%) = 0,07.

**La corrélation entre la somme des intensités d'excrétion sur les cinq mesures et le PAT à 210 jours est significative** ( $p < 0.025$ ). Le coefficient de corrélation,  $r$ , est de 0,26. Sur cet échantillon, plus les veaux excrètent d'œufs de SGI durant la saison de pâture et plus ils auront de mal à atteindre les objectifs de croissance. Cette information reste à

nuancer puisque **seulement 7 % des variations du « %210 » s'explique par la variable « excrétion d'œufs de strongles »**,  $r^2$  étant égal à 0,07.

Comme le montre la figure 26, aucune corrélation significative n'est mise en évidence dans les élevages Miracles et Bertrand pour ces paramètres là.

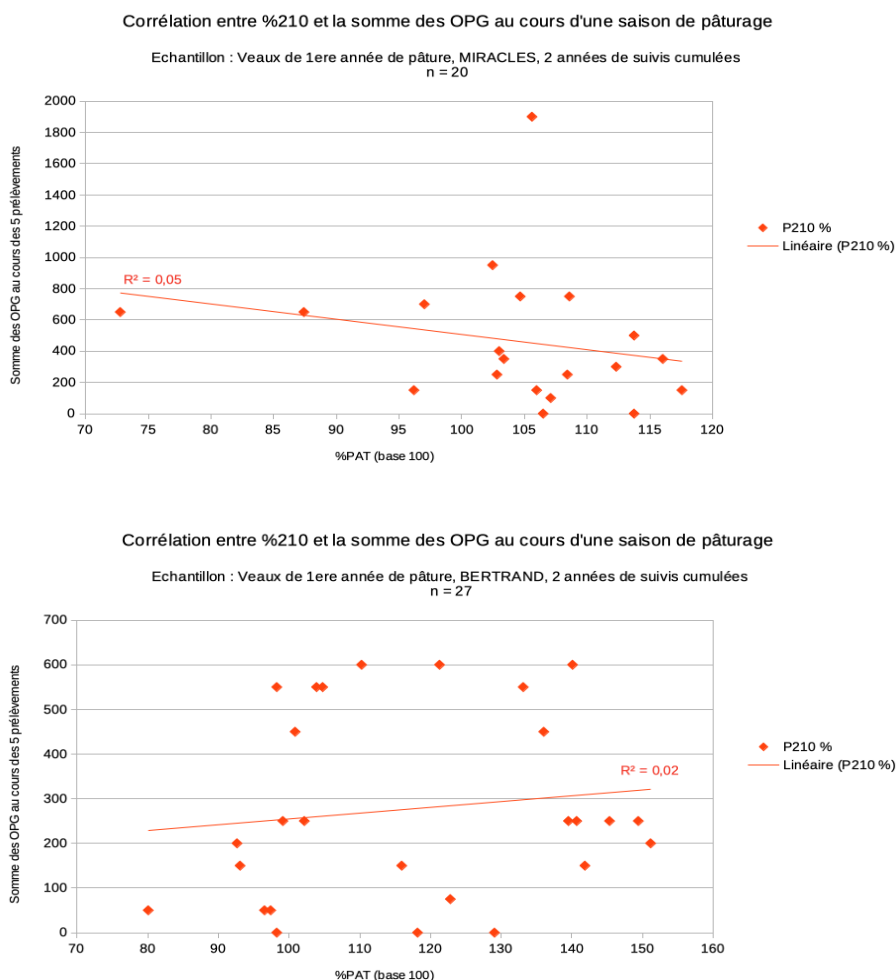


Figure 26 : Ensemble de graphiques présentant l'évolution de la somme d'opg excrété durant la saison de pâture par rapport au paramètre de croissance %210, chez les veaux de premières année de pâture, 2 années confondues, chez Miracles et Bertrand.

Chez Miracles, une tendance identique à la corrélation retrouvée chez PEPIRAG semble se dessiner, cependant les effectifs sont trop faibles pour le montrer statistiquement.

Chez Bertrand, les résultats très hétérogènes de croissance sur les deux années de suivi peuvent expliquer l'absence de courbe de tendance.

## 5. Analyse en composante principale

### 5.1 Analyse ACP pour les veaux de première année de pâture à PEPIRAG

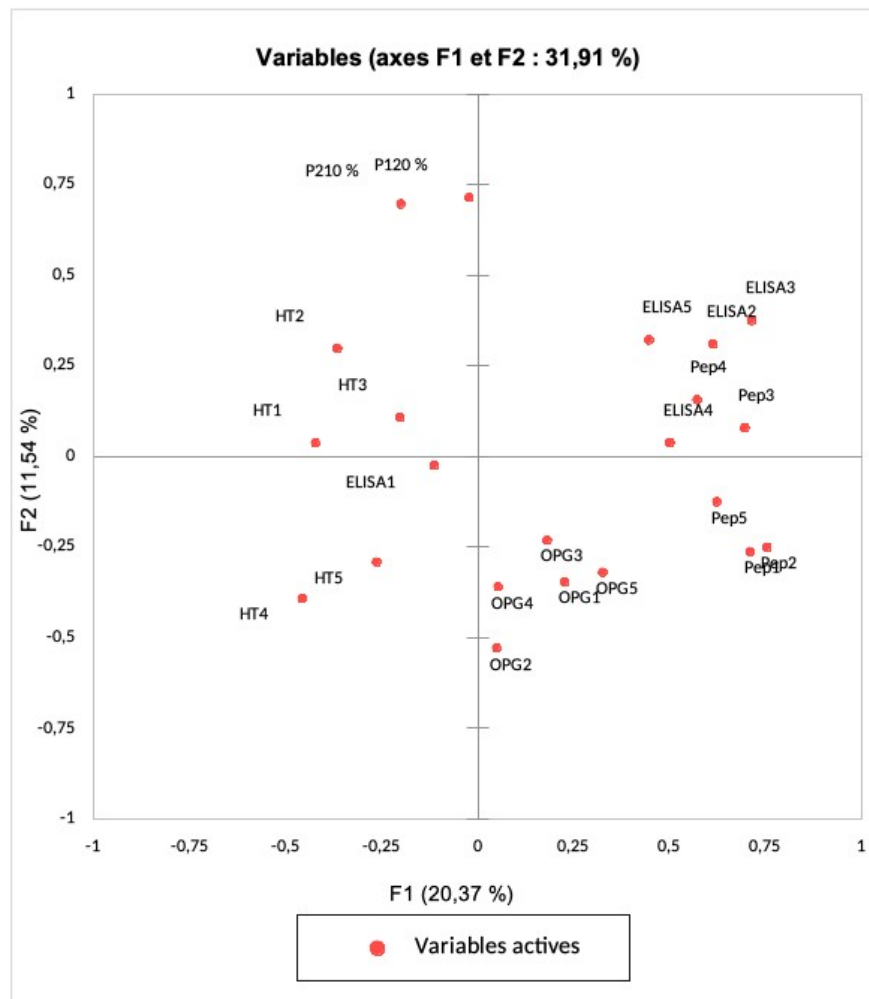


Figure 27 : Analyses en composante principale des paramètres évalués à PEPIRAG, données cumulées sur 4 ans.

La figure 27 représente l'ensemble des liens entre les différents paramètres évalués chez les veaux de première année de pâture au cours des suivis, pour cela les résultats des quatre années de suivi ont été poolés.

- On retrouve une corrélation négative entre les OPG et les PAT, avec des valeurs d'OPG aux différentes dates très liées entre elles. On retrouve l'impact des excréments importantes d'OPG sur la croissance des veaux.
- Pas de corrélation entre les valeurs OPG et les valeurs de RDO en ELISA.
- Concernant les anticorps anti-*Ostertagia*, la première mesure d'anticorps ELISA est toujours représentée seule sur le graphique, cela peut correspondre à sa valeur



basale nulle chez tous les individus au début de leur première mise à l'herbe. Par la suite, les valeurs ELISA 2, 3, 4 et 5 semblent bien corrélées entre elles. Cette corrélation illustre la mise en place d'une réaction immunitaire à l'encontre des SGI avec la synthèse d'anticorps spécifiques anti-*Ostertagia*.

- De la même façon, concernant le pepsinogène, les valeurs des deux premiers prélèvements sont fortement corrélées, ainsi que les troisième et quatrième.
- Les trois premiers relevés d'hématocrites sont très liés entre eux, ainsi que les deux derniers.

## 5.2 ACP Miracles

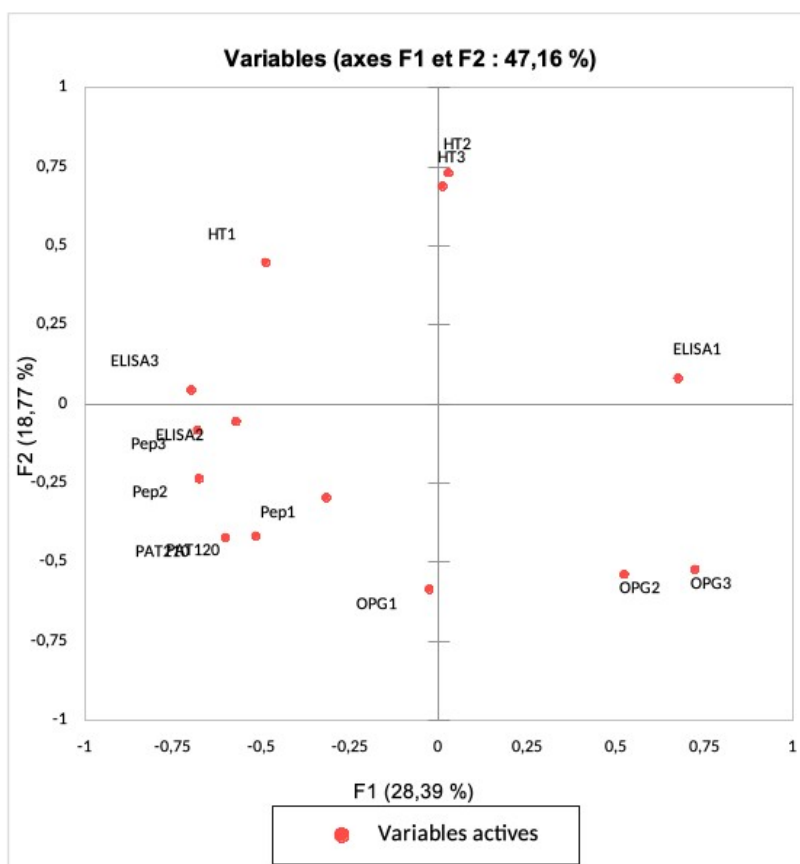


Figure 28 : Analyses en composante principale des paramètres évalués chez Miracles, données cumulées sur 2 ans.

La figure 28 représente l'ensemble des liens entre les différents paramètres évalués chez les veaux de première année de pâture au cours des suivis, pour cela les deux années de suivi ont été cumulées.

- Les mesures de pepsinogène et d'anticorps anti-*Ostertagia* sont bien corrélées entre elles, hormis la première mesure d'anticorps, témoignant du délai pour la mise en place de la réaction immunitaire et de la synthèse d'anticorps.
- Les valeurs d'excrétion d'œufs sont orthogonales aux valeurs ELISA et de pepsinogène sanguin, ce qui semble indiquer l'absence de lien entre elles.
- Les deux PAT sont toujours bien corrélés entre eux.

### 5.3 ACP Eric Bertrand

La figure 29 représente l'ensemble des liens entre les différents paramètres évalués chez les veaux de première année de pâture au cours des suivis, pour cela les deux années de suivi ont été cumulées.

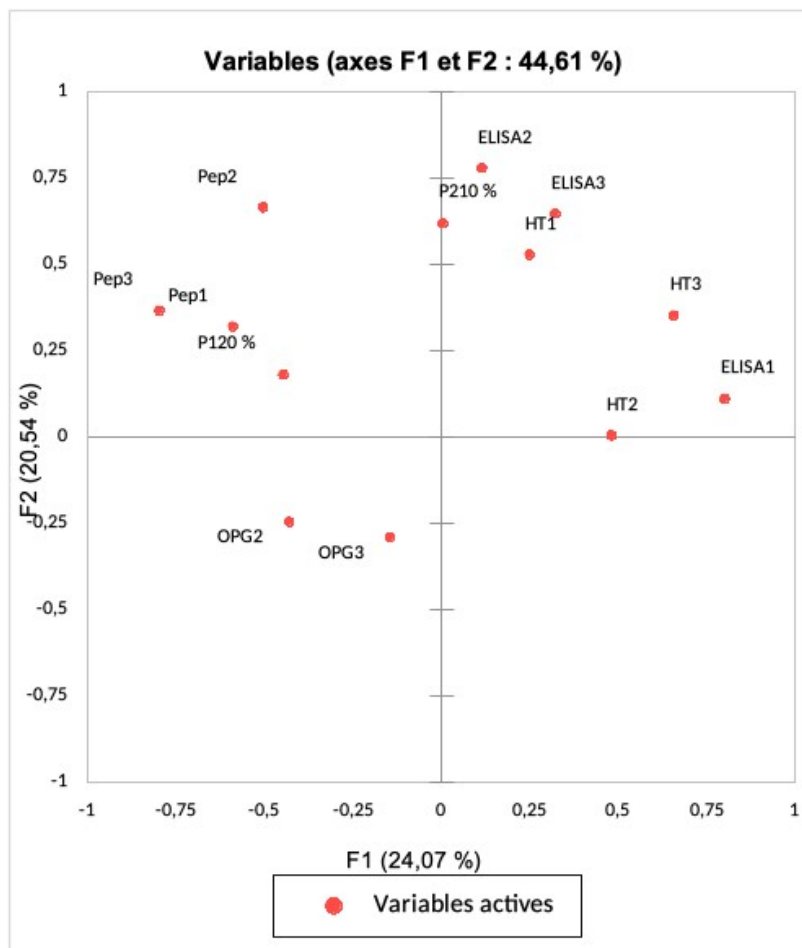


Figure 29 : Analyses en composante principale des paramètres évalués chez Bertrand, données cumulées sur 2 ans.

- L'absence de corrélation des PAT n'est pas étonnante compte tenue de l'hétérogénéité des performances zootechniques dans cet élevage sur les deux saisons de prélèvements.

## 6. Analyse de corrélations totales

Le tableau 30 représente l'ensemble des corrélations entre les différents paramètres évalués chez les veaux de première année de pâture de la station de PEPIRAG. Pour cela les données des quatre années d'études ont été poolées. Les données relatives au paramètre hématocrite n'ont pas été intégrées car elles n'étaient corrélées à rien, hormis à elles-mêmes.

Variables	OPG1	OPG2	OPG3	OPG4	OPG5	Pep1	Pep2	Pep3	Pep4	Pep5	ELISA1	ELISA2	ELISA3	ELISA4	ELISA5	P120 %	P210 %
OPG1	1	0,250	0,091	0,062	0,012	0,268	0,272	0,166	-0,151	0,336	-0,115	0,089	0,113	0,237	0,094	-0,091	-0,160
OPG2		1	0,187	0,070	0,377	0,246	0,156	-0,079	-0,039	0,011	0,009	0,047	-0,247	-0,018	-0,208	-0,096	-0,085
OPG3			1	0,049	0,206	0,182	0,141	0,072	0,040	0,175	-0,180	-0,041	-0,056	0,050	0,111	0,054	-0,028
OPG4				1	0,493	0,071	0,112	-0,152	-0,106	0,093	0,074	-0,099	0,039	0,079	0,026	-0,184	-0,109
OPG5					1	0,258	0,179	0,014	0,177	0,084	0,027	0,193	0,171	0,165	0,224	-0,122	-0,177
Pep1						1	0,744	0,463	0,393	0,410	-0,061	0,315	0,328	0,214	0,216	-0,034	-0,159
Pep2							1	0,653	0,407	0,511	-0,058	0,302	0,392	0,252	0,049	-0,064	-0,217
Pep3								1	0,643	0,611	0,003	0,185	0,404	0,116	0,104	0,160	-0,045
Pep4									1	0,428	-0,069	0,184	0,237	0,114	0,034	0,219	0,035
Pep5										1	-0,045	0,174	0,259	0,114	0,088	-0,043	-0,121
ELISA1											1	-0,007	-0,076	-0,241	0,033	-0,076	-0,054
ELISA2												1	0,628	0,298	0,523	0,082	0,000
ELISA3													1	0,605	0,590	0,105	-0,001
ELISA4														1	0,447	-0,036	-0,138
ELISA5															1	0,139	-0,014
P120 %																1	0,860
P210 %																	1

Tableau 24 : Matrice de corrélations brutes entre les variables d'intensités d'excrétion d'oeufs (OPG), pepsinogène sanguin (Pep), intensité de la réponse anticorps anti-Ostertagia ostertagi (ELISA) mesurées aux cinq points de prélèvements et les valeurs relatives de poids type à 120 jours (P120%) et à 210 % (P210%) chez les génisses de première saison de pâture de la station Gasconne (Villeneuve de Paréage PEPIRAG, Ariège).

Lorsque les coefficients apparaissent en bleu cela signifie que la corrélation est significative au seuil 0,05. Cela est le cas pour :

- OPG1 et 2
- OPG1 avec Pep1 et 2
- OPG5 avec Pep1
- Pep2 avec ELISA4
- Pep5 avec ELISA3
- ELISA2 et 4

Lorsque les coefficients apparaissent en rouge et en gras cela signifie que la corrélation est significative au seuil 0,01. Cela est le cas pour :

- OPG5 avec OPG2 et 4
- OPG1 avec Pep5
- L'ensemble des données de suivi de pepsinogène
- ELISA2 avec Pep1 et 2
- ELISA3 avec Pep1 ,2 et 3
- ELISA 2 et 3

- ELISA 3 et 4
- ELISA 5 avec ELISA 2, 3 et 4
- P120 % et P210 %

Ainsi les suivis d'OPG, de pepsinogène sanguin, d'intensité de la réponse anticorps *anti-Ostertagia ostertagi* et de poids type à 120 jours (P120%) et à 210 % (P210%) chez les génisses de première saison de pâture semblent pertinents car fortement corrélés entre eux. De plus, croiser les informations semble également intéressant puisque les données de coprologie paraissent corrélées aux données de dosage de pepsinogène. Les données de pepsinogène semblent également bien corrélées aux données relatives à l'installation d'une réponse immunitaire à l'encontre des SGI.

# DISCUSSION

## 1. Discussion du dispositif expérimental

### 1.1 L'échantillonnage

Les quatre années successives de prélèvements à la station PEPIRAG permettent d'augmenter les effectifs, ainsi que d'apprécier de possibles variations annuelles. L'inclusion des élevages Bertrand et Miracles dans l'étude permet d'ajouter des cohortes et de s'assurer de la représentativité des résultats observés chez des veaux élevés en station de sélection. Cependant, l'ajout de ces deux élevages additionne un « effet élevage ».

La sélection des veaux s'est faite sur les seuls critères d'être de pure race Gasconne des Pyrénées, de ne jamais avoir été traité aux anthelminthiques, de pâturer durant la période estivale et d'avoir un suivi complet durant la saison de mise à l'herbe. Aucune sélection sur le sexe n'a été faite, or chaque année une part importante des veaux mâles a été vendue avant la fin de la campagne de prélèvements. Ces veaux mâles présentant ainsi un suivi incomplet ont été exclus de l'étude.

La race GDP est une race à faible effectif mais dont la moitié des animaux sont en sélection, ainsi le nombre de taureaux reproducteurs est relativement important. De ce fait, chaque taureau inclu dans l'étude n'a eu que peu de descendants, y compris en cumulant les quatre années d'étude.

A l'issue de cet échantillonnage réalisé sur plusieurs années et dans plusieurs élevages, trois principaux facteurs de variation apparaissent :

- L'effet année ;
- L'effet élevage ;
- L'effet père des veaux ;

De plus, les exploitations incluses dans l'étude n'utilisent pas d'anthelminthiques en traitement systématique, aucun lot traité témoin n'a donc pu être constitué dans chaque élevage. Cela aurait pu permettre de comparer les données zootechniques entre animaux traités et non traités. Notre appréciation des performances de croissance s'est donc basée sur les standards annuels de la race. Concernant la comparaison des données de

croissance obtenues, GMQ et PAT, les animaux testés étant issus d'élevages sélectionneurs ont eu toutes les chances d'avoir des potentiels de croissance importants et comparables entre eux ainsi qu'aux standards de la race.

Le suivi de plusieurs cohortes a été réalisé durant leurs deux premières années de pâture. Ces animaux non traités durant leur première saison de pâture ont gardé leur infestation pendant l'hiver puis se sont recontaminés lors de la seconde mise à l'herbe, toujours sans conséquence zootechnique particulière. Cela renforce l'idée qu'on peut ne pas vermifuger les jeunes bovins contre les SGI dans ce contexte particulier. Pourtant, les contaminations et les recontaminations sont avérées puisque les valeurs de pepsinogène et d'anticorps anti-*Ostertagia* l'attestent chaque année. De plus, quels que soient le niveau et les profils d'excrétion en première année de pâture, toutes les génisses se comportent de la même façon en seconde année chez qui le seuil de 100 OPG est rarement dépassé. Ainsi les secondes années de pâture sont probablement complètement immunisées contre les SGI.

### 1.2 Infestations naturelles

Le contexte d'infestation naturelle a été imposé en travaillant en conditions réelles. PEPIRAG est une station de sélection et non une station expérimentale, les observations faites sont d'autant plus représentatives. Les infestations naturelles sont fortement dépendantes des conditions météorologiques. Les prélèvements effectués sur plusieurs années permettent de lisser ces résultats et de dégager de grandes tendances.

De plus, en condition d'infestation naturelle, il est primordial de s'assurer de l'exposition correcte aux parasites chez les sujets étudiés. Dans notre cas, tous les veaux ont développé une réaction suffisante à l'encontre d'*Ostertagia* comme en témoignent les dosages d'anticorps anti-*Ostertagia*.

### 1.3 Conduite de pâturage

Bien qu'utilisant des techniques de pâturage légèrement différentes, la proximité géographique des trois élevages étudiés permet de les regrouper en qualité « d'élevage allaitant extensif du piémont pyrénéen Ariégeois ». Ainsi, on peut se demander si par extrapolation nos résultats pourraient s'appliquer à l'ensemble des élevages de race GDP utilisant des systèmes d'élevage similaires dans cette zone précise. Voir à d'autres races rustiques, telles que l'Aubrac ou la Salers, dont les conduites de troupeaux sont similaires notamment avec des périodes de pâturage estivaux longues.

#### 1.4. L'échantillonnage au sein même des cohorte

La grande majorité des veaux inclus dans l'étude sont des veaux femelles (97 % à PEPIRAG en 2019). Le fait que la plupart des mâles soient vendus chaque année avant la fin des prélèvements ne permet pas de les inclure dans l'étude. Cependant aucune distinction sur le sexe des veaux n'a été réalisée. Les résultats de croissance obtenus chez Bertrand en 2021 peuvent s'expliquer par une différence de croissance assez marquée entre les mâles et les femelles dans cet élevage là. Cette différence pourrait être davantage marquée en début de croissance puis rapidement rattrapée. Malgré cela, les résultats de croissance enregistrés dans cet élevage sur les veaux restent élevés et globalement supérieur à la moyenne de la race GDP.

## 2. Discussion des analyses de laboratoire

### 2.1 Utilisation de la méthode de MacMaster

Les coproscopies ont été réalisées avec la méthode de MacMaster. Cette méthode, moins sensible que la méthode du Mini-FLOTAC®, a une sensibilité de 15 OPG (Bosco et al. 2014). Cependant, dans le cadre de notre étude, le recours à une sensibilité aussi fine ne se justifiait pas. En effet, l'intérêt principal réside davantage dans l'appréciation des cinétiques. De plus les excréments sont restés plutôt basses et la différence de classement des veaux selon leur profil excréteur avec un seuil à 100 ou à 150 OPG n'est pas significative.

### 2.2 Identification larvaire sur critère morphologique

Dans ses dernières études, Höglund présente les techniques actuelles de référence en matière d'identification larvaire, faisant appel à la biologie moléculaire telles que la PCR (Höglund, Enweji, Gustafsson 2020; Högberg et al. 2022). N'ayant pas pu bénéficier de tels moyens, les identifications larvaires ont été réalisées sur la base des critères morphologiques des vers adultes. Cette technique garantit cependant une bonne reproductibilité si elle est réalisée par un seul et même opérateur, ce qui a été le cas dans notre étude.

### 2.3 Dosage du pepsinogène sanguin

Plusieurs méthodes de dosage du pepsinogène existent, notamment les méthodes de Kerboeuf et celle de Dorny et Vercruysse (Kerboeuf et al. 2002b; Dorny, Vercruysse 1998). Les méthodes protéolytiques sont bien adaptées pour les parasitoses provoquant des

lésions de caillette. Ainsi, la méthode élaborée par Dorny et Vercruysse en 1998 est indiquée dans notre cas, sa fiabilité et son aspect économique sont également intéressants. Cependant, cela reste une technique de laboratoire très sensible que ce soit à la qualité des manipulations ou aux facteurs extérieurs comme la température. La difficulté de standardisation de cette technique entre laboratoires explique qu'en routine les techniques immunologiques sont davantage employées (Banga-Mboko et al. 2003).

#### 2.4 Dosage des anticorps anti-*Ostertagia*

Le dosage des anticorps anti-*Ostertagia* a été réalisé à l'aide d'un kit immunoenzymatique ELISA disponible dans le commerce (*SVANOVIR® O.ostertagi-Ab*). Toutes les analyses ont été réalisées sur les mêmes appareils de mesure, dans le même laboratoire et par le même opérateur. Cependant, la question de la variabilité entre les lots de kits achetés se pose, les analyses ayant été effectuées sur plusieurs années.

Après avoir explicité les forces et les faiblesses du dispositif expérimental mis en œuvre dans cette étude, nous allons discuter sur les résultats qui en découlent.

### 3. Principaux résultats de cette étude

#### 3.1 Profils d'excrétion

Les veaux retenus pour l'étude ayant tous été infestés naturellement par les SGI, ils ont tous pu être classés selon leur profil d'excrétion d'oeufs de SGI. Les trois profils proposés par Gasbarre en 2001 ont été retrouvés sur les quatre années de suivi, ce qui conforte les premiers résultats de Delphine de Cherade en 2019 (De Cherade de Montbron 2019). Dans ses travaux, Gasbarre obtient les proportions suivantes : 25 % des veaux faiblement excréteurs (dits régulateurs précoces), 50 % des veaux chez qui l'excrétion est forte puis diminue jusqu'à un seuil bas, suivant une courbe en cloche (régulateurs tardifs), et enfin 25 % des veaux qui ont une cinétique d'excrétion croissante sur toute la saison de pâturage (non régulateurs). Dans notre étude, **les mêmes proportions sont quasiment retrouvées pour les veaux de la station de PEPIRAG en cumulant les données des quatre années et en appliquant un seuil de 100 OPG** pour la catégorie des veaux dit régulateurs précoces.



La classification des veaux ne pose pas de problème quel que soit le seuil utilisé pour catégoriser les veaux dit « régulateurs précoces ». Un seuil de 100 ou de 150 OPG pour cette catégorie ne montre pas de variation significative dans les proportions des veaux en fonction des trois types de profils excréteurs. Néanmoins, les veaux qui régulent le mieux le parasitisme, c'est-à-dire les régulateurs précoces et les régulateurs tardifs, sont en proportion plus importante chez Miracles et Bertrand qu'à la station PEPIRAG alors même que ces derniers ont une période de mise à l'herbe plus longue. La question de la représentativité des veaux de la station de sélection pour ce paramètre se pose. Néanmoins les effectifs des cohortes de Miracles et Bertrand sont deux à trois fois plus faibles qu'à la station.

Concernant la mise en évidence d'un lien entre profils excréteurs et héritabilité paternelle, notre étude ne permet pas de conclure. Cependant, des tendances apparaissent en dépit des effectifs restreints. Certains taureaux engendreraient un type excréteur particulier de descendants. Dans notre cas, compte tenu des petits effectifs de descendants par taureau, les effets élevages, pères et années n'ont pas pu être dissociés.

Concernant les génisses de seconde année de pâture, leurs intensités d'excrétion d'œufs sont toujours très basses (inférieures en moyenne à 100 opg tout au long de la saison), avec cependant des taux de pepsinogène et d'anticorps anti-*Ostertagia* élevés (supérieurs à 1 UTyr). Ces génisses de seconde année de pâture semblent donc correctement immunisées à l'encontre des SGI. Ainsi, le TCE de l'année n-1 paraît suffisant. Dans notre étude, avec des veaux non vermifugés, le TCE est équivalent à l'ensemble de la période de pâturage. Selon les travaux de Claerebout et al. (1998, 1996), un TCE de 8 mois est nécessaire pour développer une immunité compétente à l'encontre des SGI. Les veaux de la station étant rentrés en bâtiment lors des semaines d'été trop sèches pâturent en moyenne un peu moins de 7 à 8 mois. Mais comme ils ne sont pas vermifugés à la rentrée en bâtiment, le contact hôte-parasite se poursuit pendant la période de stabulation. A leur seconde mise à l'herbe, les génisses sont alors parfaitement immunisées.

De plus, le développement d'une réponse immunitaire efficace contre les réinfestations se met plus rapidement en place chez certaines espèces de SGI, c'est le cas pour *Cooperia*, *Nematodirus* et *Bunostomum phlebotomum*. Or, dans notre étude, la proportion de *Cooperia oncophora*, est plus faible chez les génisses de seconde année de pâture avec une prédominance nette de l'espèce *Ostertagia ostertagi*.

### 3.2 Pepsinogène

Dans l'ensemble, la cinétique du pepsinogène varie de la même façon que celle de l'excrétion d'œufs de SGI. Lors de la première année d'étude, Delphine de Cherade avait mis en évidence l'existence des trois profils de cinétique pour le pepsinogène. Cette tendance semble répétable d'une année à l'autre.

Chez les génisses de seconde années de pâture, une augmentation est toujours visible au cours de la saison de pâture, les niveaux restent généralement élevés, entre 1 et 2 UTyr.

### 3. 4. La réponse en anticorps

Initialement conçu pour des analyses sur lait de tank, le kit commercial de dosage d'anticorps anti-*Ostertagia* peut également être utilisé de façon fiable sur des sérums individuels (Kloosterman et al. 1993). Dans notre cas, le risque de faux négatifs dû aux réactions croisées est limité puisque l'étude s'intéresse à l'ensemble des nématodes gastro-intestinaux (Keus, Kloosterman, Van den Brink 1981). En revanche, les réactions croisées pouvant être problématiques sont celles avec les strongles respiratoires ou les douves (Eysker, Ploeger 2000).

Lors des premiers prélèvements après la mise à l'herbe, l'âge moyen des veaux est de trois mois et demi. Or, certains d'entre eux étaient plus jeunes. Une réaction avec les anticorps d'origine maternelle est alors possible chez ces veaux les plus jeunes.

Dans tous les cas, l'immunité mise peu à peu en place permet de limiter la charge parasitaire chez les animaux. Premièrement, et ce dès la première saison de pâture en diminuant la taille et la ponte des strongles adultes. Par la suite, le développement de cette réponse immunitaire permettra notamment le blocage de l'implantation des larves infestantes d'*Ostertagia* dans la caillette. Mais, généralement, cela n'est effectif qu'à partir de la seconde année de pâture. Ainsi au fur et à mesure des années de pâture, les bovins excrètent de moins en moins d'œufs de strongles.

### 3.5 Cinétiques d'excrétion de pepsinogène et d'Anticorps anti-*Ostertagia*

Au cours des quatre années de prélèvements, les cinétiques de ces deux paramètres ont varié conjointement et sans variations annuelles notables.

Les anticorps anti-*Ostertagia* augmentent durant la saison de pâture. Cette augmentation est liée à l'exposition progressive des animaux aux larves infestantes d'*O. ostertagi*. L'augmentation du taux de pepsinogène est plus précoce que l'augmentation des

anticorps anti-*Ostertagia*. Le délai de mise en place de la réponse immunitaire nécessite la présence du parasite au stade adulte ainsi que le temps de sécrétion des anticorps spécifiques par des plasmocytes. Ainsi, lors des premiers prélèvements, l'augmentation du taux d'anticorps est encore faible, puis très importante en milieu de saison de pâture, témoin de la première réaction immunitaire de l'hôte. Le délai de mise en place de cette immunité est très variable chez les veaux (Kerboeuf et al. 2002). Par la suite chez les animaux correctement immunisés, la réponse immunitaire lors d'infestation ultérieures est plus rapide.

La réalisation de cinq prélèvements au lieu de trois au cours de la saison de pâture apporte des informations intéressantes pour les niveaux d'anticorps et de pepsinogène. Les valeurs de pepsinogène diminuent en été puis rebondissent souvent en fin de saison de pâture. Ainsi, les prélèvements de sang pour pepsinogène sanguin en milieu et fin d'été de semblent pas les plus pertinents et risqueraient de conduire à une sous-estimation du problème parasitaire. Si une seule date de prélèvement doit être conservée, il semble plus pertinent de conserver celle en toute fin de saison, à la rentrée en bâtiment. En cours de saison de pâture et lors d'une baisse d'état général, un très haut niveau de pepsinogène pourra être en faveur d'une forte et récente infestation par les SGI. Sans oublier que d'autres affections entraînent également une augmentation du taux de pepsinogène sérique, comme les abcès de caillette (Gross, Ryan, Ploeger 1999). Cependant, la prévalence de ce type d'affection dans les systèmes d'élevages étudiés est très faible, ainsi le risque de faux positif pour cette mesure est peu probable.

### 3.6. Bénéfice économique

Maîtriser la croissance des jeunes bovins est essentiel en filière allaitante, le revenu de l'éleveur en dépend. La croissance impacte directement les performances des jeunes bovins destinés à la vente mais également des génisses destinées au renouvellement.

Dans notre étude, le kilogramme de gain de poids journalier est largement dépassé que ce soit à la station PEPIRAG ou chez Miracles. Chez Bertrand, les GMQ n'atteignent pas ce seuil. La différence de conduite de troupeaux peut l'expliquer. Chez Miracles, un pâturage tournant avec changement rapide d'une parcelle à l'autre permet d'optimiser l'utilisation de l'herbe entre sa valeur alimentaire et son rendement durant toute la saison de pâturage. Tandis que chez Bertrand, la conduite d'élevage se veut plus extensive, conduisant potentiellement à un apport énergétique plus variable en fonction de la qualité et de la

quantité d'herbe disponible sur la parcelle. Cependant, dans le cas de Bertrand, les GMQ moins élevés peuvent être compensés par une période d'élevage plus longue.

De plus, les PAT à 120 et 210 jours observés en 2021 dans l'élevage Bertrand peuvent éventuellement s'expliquer par des poids de naissance plus faible chez les veaux prélevés cette année là, ainsi qu'un GMQ entre la naissance et 120 jours d'âge plus faible de les années précédentes. En outre, il ne faut pas oublier que la majorité des veaux prélevés dans notre étude sont des femelles. Généralement, ces dernières ont une croissance inférieure aux mâles.

Globalement les cibles de poids à atteindre à 120 et 210 jours le sont. Chaque année les veaux sont, pour la plupart, au-delà des standards de la race. Leur croissance est très bonne sauf au sein de deux des cohortes (PEPIRAG 2018 et Bertrand 2021). En 2020, les résultats de croissance sont excellents dans les trois exploitations de l'étude. Cette même année, une faible pression parasitaire a été enregistrée avec des excrétions ne dépassant que rarement le seuil des 100 OPG, hormis chez Miracles où les médianes sont comprises entre 200 et 250 OPG durant la seconde moitié de la saison de pâture, sans pour autant affecter les PAT. La faible pression parasitaire observée peut être liée à la faible pluviométrie cette année là. Les valeurs enregistrées de début mai à fin août étant inférieures aux normales de saison.

Selon ces observations, **des veaux élevés à l'herbe sans traitement AH, dans un contexte d'élevage précis, ne présentent pas d'altérations de leurs capacités de croissance, témoignant ainsi de leur résilience face aux SGI.**

Les poids âge-types sont corrélés de façon linéaire à la somme des excrétions d'oeufs au cours de la saison de pâture (Ploeger et al. 1990; Schnieder et al. 1996). Cette corrélation est significative dans notre cas pour les PAT à 210 jours mais le coefficient de corrélation est faible. Ainsi, la croissance des veaux ne semble pas affectée. On rappelle également que les excrétions sont relativement faibles même en première année de pâture. Aussi, on peut imaginer que dans un contexte autre avec une pression parasitaire plus importante, la croissance de ces veaux aurait été plus impactée. Cette information reste aussi à nuancer du fait que **seulement 7 % de la variation du poids âge-type semble attribuable au paramètre « excrétion des œufs de strongles »**. La conduite d'élevage générale de ces jeunes bovins garantit une exposition maîtrisée aux SGI et apparaît primordiale pour assurer une croissance optimale. Les paramètres de conduite d'élevage en question sont entre autres : la saison de vêlage, l'âge de la mise à l'herbe et du

sevrage, la qualité de l'herbe pâturée ou encore les techniques de pâturage mises en œuvre. Par exemple, lors d'un pâturage avec les couples mères-veaux la quantité d'œufs émise est cinq fois plus faible qu'avec des veaux pâturant seuls (Satrija, Nansen 1993). In fine, les altérations de croissance des jeunes bovins élevés au pâturage seraient davantage liées aux pressions parasitaires auxquelles les animaux sont soumis. Dans son étude Shaw montre un risque de répercussions économiques graves si l'excrétion d'œufs dépasse le seuil des 200 opg à mi-saison de pâture (Shaw et al. 1998). Ce qui va dans le sens de notre étude, où les médianes d'opg ne dépassent jamais le seuil des 200 opg et que les croissances ne semblent pas affectées.

Cependant, seuls les paramètres de croissance et les hématocrites ont été analysés comme reflets de l'impact zootechnique dans cette étude. Il faut donc se demander si l'étude de ces deux seuls paramètres permet un reflet correct des performances zootechniques.

## CONCLUSION

A l'herbe, les bovins sont soumis à une pression parasitaire de la part des SGI. En parallèle, au cours des premiers mois de pâturage, les jeunes bovins acquièrent petit à petit une immunité qui va augmenter leur résistance et leur résilience face aux SGI. Ainsi, un équilibre fragile se met en place entre le bovin et les parasites auxquels il est exposé. Afin de maintenir cet équilibre et par crainte de conséquences zootechniques économiquement pénalisantes, le recours à des traitements anthelminthiques systématiques est largement pratiqué et ce depuis de nombreuses années.

Or, nous savons à présent que l'utilisation non raisonnée des anthelminthiques conduit au développement de populations de parasites résistants, avec le risque à terme de se retrouver dans des impasses thérapeutiques. Aussi, afin de pérenniser l'élevage bovin au pâturage, il est primordial de réduire notre utilisation des AH et donc de repenser la gestion du parasitisme en élevage bovin.

Dans un second temps, diminuer les traitements AH permet également de diminuer l'impact environnemental de ces substances sur la biodiversité et la santé des écosystèmes prairiaux.

Enfin, l'utilisation d'AH diminue le TCE entre le jeune bovin et les SGI. Or, un TCE suffisant est nécessaire à l'acquisition d'une immunité concomitante compétente. Ainsi, diminuer ce TCE c'est retarder la régulation « naturelle » des bovins contre les strongles, ce qui est contre-productif.

Dans le contexte de recherche d'alternatives aux AH, la sélection d'animaux plus résilients et résistants aux SGI est une piste envisagée. Notre étude, menée dans ce contexte grâce au projet FranceAgriMer SERUSTIC (2017 – 2021), a durant quatre années consécutives étudié des cohortes, comprenant 107 veaux et 55 génisses, issues de trois exploitations. Les animaux ont été suivis durant leur première et pour certains leur seconde année de pâturage. Ces animaux n'ont reçu aucun traitement AH. Leurs capacités de régulation de l'infestation par les SGI a été évaluée via des paramètres biologiques et zootechniques.

Le suivi coproscopique des veaux de première saison de pâture montre des niveaux d'excrétion peu élevés. De plus, la cinétique d'excrétion se répète durant les quatre années

consécutives de l'étude. Les données relevées montrent également que certaines variations observées semblent dépendantes des conditions météorologiques.

Concernant les trois types de profils excréteurs présentés en 2001 par Gasbarre et al. et comme l'avait montrée Delphine de Cherade en 2018 sur la première année de prélèvement, ces trois types de profils semblent se préciser au sein des cohortes étudiées et cela paraît répétable d'une année à l'autre. Ainsi, certains veaux réguleraient mieux les infestations par les SGI grâce à une résistance dite « innée ». A cette résistance innée, plus ou moins efficace, s'ajoute une résistance acquise au cours du pâturage. C'est l'immunité concomitante. Le temps de contact effectif nécessaire à l'acquisition de cette immunité est variable en fonction de l'espèce de strongles, entre 4 et 8 mois respectivement pour *Cooperia* et *Ostertagia*. Dans notre cas, de part l'absence de traitement AH, le TCE correspond à l'ensemble de la période de mise à l'herbe. Les résultats coprologiques des génisses de seconde année de pâture montrent chez toutes les génisses l'acquisition d'une immunité concomitante compétente. En effet, elles ont toutes des niveaux d'excrétion faibles avec des taux de pepsinogène sanguin et d'anticorps anti-*Ostertagia* élevés. De plus, ces résultats ne semblent pas liés à leur type de profil d'excrétion d'oeufs lors de la première année de pâture. Ainsi, deux conclusions se dessinent. La première étant que les profils d'excrétion évoqués par Gasbarre expliqueraient la résilience/ résistance de certains individus lors de leur première saison de pâture. Puis, lors de la seconde saison de pâture, l'immunité acquise permet de protéger les animaux. Deuxièmement, sachant que ces mêmes animaux ont pâturé entre quatre mois et demi et six mois lors de leur première année de pâture, on peut se demander si un TCE de seulement quatre mois et demi suffit à l'acquisition d'une immunité correcte des jeunes bovins à l'encontre des SGI. Ce qui est bien loin des huit mois actuellement préconisés. Or, on rappelle une fois de plus que ces résultats sont spécifiques à une race, une zone géographique et un système d'élevage spécifique.

La maîtrise du TCE apparaît comme un élément central de la conduite de bovin au pâturage. Parallèlement, la gestion de la pression parasitaire en devient-elle aussi essentielle puisque les jeunes bovins doivent être suffisamment mis en contact avec les parasites sans que cela n'engendre d'effet délétère sur leur état de santé et leur performances zootechniques. La maîtrise des techniques de pâturage permet ainsi d'optimiser le TCE sans recourir au AH, ou alors de façon réfléchie et avec parcimonie, tout en maintenant de bonnes performances zootechniques.

## BIBLIOGRAPHIE

AGNEESSENS, J., DORNY, P., HOLLANDERS, W., CLAEREBOUT, E. et VERCRUYSSSE, J., 1997. Epidemiological observations on gastrointestinal nematode infections in grazing cow-calf pairs in Belgium. *Veterinary Parasitology*. avril 1997. Vol. 69, n° 1-2, pp. 65-75. DOI 10.1016/s0304-4017(96)01116-8.

AGUERRE, S., 2019. *Résistance génétique aux nématodes gastro-intestinaux chez les ovins : évaluation des stratégies de sélection et de leur impact à l'échelle de l'élevage*. Université de Toulouse.

ALZIEU, J-P, RAVINET, N et CHAUVIN, A, 2013. Utilisation raisonnée, raisonnable et éclairée des outils diagnostiques dans la démarche d'appréciation du risque parasitaire chez les bovins. In : *Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (JNGTV)*. [en ligne]. Nantes, France : SNGTV - Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires. mai 2013. pp. 1000 p. [Consulté le 26 août 2022]. Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (JNGTV). Disponible à l'adresse: <https://hal.inrae.fr/hal-02747000>

ARMOUR, J., BAIRDEN, K., DUNCAN, J. L., JENNINGS, F. W. et PARKINS, J. J., 1979. Observations on ostertagiasis in young cattle over two grazing seasons with special reference to plasma pepsinogen levels. *The Veterinary Record*. 1 décembre 1979. Vol. 105, n° 22, pp. 500-503. DOI 10.1136/vr.105.22.500.

ARMOUR, J., BAIRDEN, K. et PRESTON, JM., 1980. Anthelmintic efficiency of ivermectin against naturally acquired bovine gastrointestinal nematodes. 1980. pp. 227.

BANGA-MBOKO, H., GODEAU, J., DRION, Pierre, SIDIKOU, I. D., REMY, B. et BECKERS, J., 2003. Evaluation de l'utilisation du pepsinogène sanguin comme biomarqueur de l'intégrité de la muqueuse gastrique chez le porc. 2. Méthodes de dosage et intérêt en pathologie porcine. *Annales De Medecine Veterinaire*. [en ligne]. 2003. [Consulté le 26 juin 2023]. Disponible à l'adresse: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluation-de-l%27utilisation-du-pepsinog-%C3%A8ne-sanguin-Banga-Mboko-Godeau/5aed3046a7c185277b7fbaca2ed008e25ddb558d>

BARGER, I, 1997. Control by management. *Veterinary Parasitology*. 1 novembre 1997. Vol. 72, n° 3, pp. 493-506. DOI 10.1016/S0304-4017(97)00113-1.

BENNETT, D., MORLEY, F. H. W., CLARK, K. W. et DUDZINSKI, M. L., 1970. The effect of grazing cattle and sheep together. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 1970. Vol. 10, n° 47, pp. 694-709. DOI 10.1071/ea9700694.



BISHOP, S.C et MORRIS, C.A, 2007. Genetics of disease resistance in sheep and goats. . juin 2007. Small Ruminant Researches. Vol. 70, n° 1, pp. 48-59. DOI 10.1016/j.smallrumres.2007.01.006.

BISSET, S.A, 1994. Genetics of resilience to nematode parasites in sheep. *N Zeal J Agric Research* 37. 1994. pp. 521-534.

BOSCO, A, RINALDI, L, MAURELLI, M, MUSELLA, V, COLES, G et CRINGOLI, G, 2014. The comparison of FLOTAC, FECPAK and McMaster techniques for nematode egg counts in cattle. *Acta Parasitologica*. 1 octobre 2014. Vol. 59, n° 4, pp. 625-628. DOI 10.2478/s11686-014-0282-7.

BOULESTEIX, P et DELPEUCH, A, 2022. Refonte du calcul des Poids à Âge-Type et de leur sélection pour indexation. . février 2022. Vol. Institut de l'élevage-0022 202 029, n° Note IBOVAL n° 97.

BOUSQUET-MÉLOU, A, JACQUIET, P, HOSTE, H, CLÉMENT, J, BERGEAUD, J-P, ALVINERIE, M et TOUTAIN, P-L, 2011. Licking behaviour induces partial anthelmintic efficacy of ivermectin pour-on formulation in untreated cattle. *International Journal for Parasitology*. avril 2011. Vol. 41, n° 5, pp. 563-569. DOI 10.1016/j.ijpara.2010.12.007.

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

CHARLIER, J., RINALDI, L., MUSELLA, V., PLOEGER, H. W., CHARTIER, C., VINEER, H. Rose, HINNEY, B., VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G., BĂCESCU, B., MICKIEWICZ, M., MATEUS, T. L., MARTINEZ-VALLADARES, M., QUEALY, S., AZAIZEH, H., SEKOVSKA, B., AKKARI, H., PETKEVICIUS, S., HEKTOEN, L., HÖGLUND, J., MORGAN, E. R., BARTLEY, D. J. et CLAEREBOUT, E., 2020. Initial assessment of the economic burden of major parasitic helminth infections to the ruminant livestock industry in Europe. *Preventive Veterinary Medicine*. 1 septembre 2020. Vol. 182, pp. 105103. DOI 10.1016/j.prevetmed.2020.105103.

CHARLIER, J., THAMSBORG, S. M., BARTLEY, D. J., SKUCE, P. J., KENYON, F., GEURDEN, T., HOSTE, H., WILLIAMS, A. R., SOTIRAKI, S., HÖGLUND, J., CHARTIER, C., GELDHOF, P., VAN DIJK, J., RINALDI, L., MORGAN, E. R., VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G., VERCRUYSSSE, J. et CLAEREBOUT, E., 2018. Mind the gaps in research on the control of gastrointestinal nematodes of farmed ruminants and pigs. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2018. Vol. 65, n° S1, pp. 217-234. DOI 10.1111/tbed.12707.

CHARLIER, J, HÖGLUND, J, VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G, DORNY, P et VERCRUYSSSE, J, 2009. Gastrointestinal nematode infections in adult dairy cattle: impact on production, diagnosis and control. *Veterinary Parasitology*. 16 septembre 2009. Vol. 164, n° 1, pp. 70-79. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.04.012.

- CHARLIER, J, VAN DER VOORT, M, KENYON, F, SKUCE, P et VERCRUYSSSE, J, 2014. Chasing helminths and their economic impact on farmed ruminants. *Trends in Parasitology*. juillet 2014. Vol. 30, n° 7, pp. 361-367. DOI 10.1016/j.pt.2014.04.009.
- CHARLIER, J, VERCRUYSSSE, J, SMITH, J, VANDERSTICHEL, R, STRYHN, H, CLAEREBOUT, E et DOHOO, I, 2010. Evaluation of anti-Ostertagia ostertagi antibodies in individual milk samples as decision parameter for selective anthelmintic treatment in dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*. 1 février 2010. Vol. 93, n° 2-3, pp. 147-152. DOI 10.1016/j.prevetmed.2009.10.002.
- CHARTIER, C., RAVINET, N., BOSCO, A., DUFOURD, E., GADANHO, M., CHAUVIN, A., CHARLIER, J., MAURELLI, M. P., CRINGOLI, G. et RINALDI, L., 2020. Assessment of anthelmintic efficacy against cattle gastrointestinal nematodes in western France and southern Italy. *Journal of Helminthology*. 10 février 2020. Vol. 94, pp. e125. DOI 10.1017/S0022149X20000085.
- CHAUVIN, A., QUILLET, J.M, CARTRON, O, RENAULT, S et RÉSEAU GTV VENDÉE, 2001. Strongyloses gastro-intestinales en élevage allaitant vendéen. Enquête épidémiologique et proposition d'une méthode de type HACCP. In : *8e rencontre autour des Recherches sur les Ruminants (3R)*. [en ligne]. Paris. 5 décembre 2001. [Consulté le 20 août 2022]. Disponible à l'adresse: <http://www.journees3r.fr/spip.php?article695>
- CHAUVIN, A., RAVINET, N, VERMESSE, R, 2015. Development of a simulation model of the parasitic risk related to gastrointestinal nematode infection in grazing heifers, In : *Proceeding of the 25<sup>th</sup> International conference of the WAAVP, Liverpool, UK, 16 – 20 August 2015*, p. 197.
- CLAEREBOUT, E, DORNY, P, VERCRUYSSSE, J, AGNEESSENS, J et DEMEULENAERE, D, 1998. Effects of preventive anthelmintic treatment on acquired resistance to gastrointestinal nematodes in naturally infected cattle. *Veterinary Parasitology*. 30 avril 1998. Vol. 76, n° 4, pp. 287-303. DOI 10.1016/S0304-4017(98)00101-0.
- CLAEREBOUT, E., HILDERSON, H., MEEUS, P., DE MAREZ, T., BEHNKE, Jerzy M., HUNTLEY, John et VERCRUYSSSE, Jozef, 1996. The effect of truncated infections with *Ostertagia ostertagi* on the development of acquired resistance in calves. *Veterinary Parasitology*. 1996. Vol. 66, pp. 225-239.
- CLAEREBOUT, E, VERCRUYSSSE, J, DORNY, P, DEMEULENAERE, D et DEREU, A, 1998. The effect of different infection levels on acquired resistance to gastrointestinal nematodes in artificially infected cattle. *Veterinary Parasitology*. 28 février 1998. Vol. 75, n° 2, pp. 153-167. DOI 10.1016/S0304-4017(97)00218-5.
- COLES, G. C., JACKSON, F., POMROY, W. E., PRICHARD, R. K., VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G., SILVESTRE, A., TAYLOR, M. A. et VERCRUYSSSE, J., 2006. The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary*

*Parasitology*. 31 mars 2006. Vol. 136, n° 3-4, pp. 167-185.  
DOI 10.1016/j.vetpar.2005.11.019.

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.

CORWIN, R M., 1997. Economics of gastrointestinal parasitism of cattle. *Veterinary Parasitology*. 1 novembre 1997. Vol. 72, n° 3, pp. 451-460. DOI 10.1016/S0304-4017(97)00110-6.

CULPIN, S., EVANS, W. M. R. et FRANCIS, A. L., 1964. An experiment on mixed stocking of pasture. *Experimental Husbandry*. 1964. N° 10, pp. 29-38.

D’ALEXIS, S, ANGEON, V, ARQUET, R et BOVAL, M, 2015. Les systèmes mixtes d’élevage de petits ruminants et de bovins: Une alternative pour améliorer les performances animales au pâturage. *Innovations Agronomiques*. 2015. N° 43, pp. 19.

DE CHERADE DE MONTBRON, D, 2019. *Résistance naturelle de la race gasconne des Pyrénées aux strongles digestifs en première et deuxième année de pâture*. [en ligne]. Thèse d’exercice, Médecine vétérinaire. ENVT : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. Disponible à l’adresse: [https://oatao.univ-toulouse.fr/25627/1/De%20Cherade%20de%20Montbron\\_25627.pdf](https://oatao.univ-toulouse.fr/25627/1/De%20Cherade%20de%20Montbron_25627.pdf)

DEMELER, J., VAN ZEVEREN, A. M. J., KLEINSCHMIDT, N., VERCRUYSSSE, J., HÖGLUND, J., KOOPMANN, R., CABARET, J., CLAEREBOUT, E., ARESKOG, M. et VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G., 2009. Monitoring the efficacy of ivermectin and albendazole against gastro intestinal nematodes of cattle in Northern Europe. *Veterinary Parasitology*. 9 mars 2009. Vol. 160, n° 1-2, pp. 109-115. DOI 10.1016/j.vetpar.2008.10.030.

DIMANDER, S. O., HÖGLUND, J., SPÖRNDLY, E. et WALLER, P. J., 2000. The impact of internal parasites on the productivity of young cattle organically reared on semi-natural pastures in Sweden. *Veterinary Parasitology*. 4 juillet 2000. Vol. 90, n° 4, pp. 271-284. DOI 10.1016/S0304-4017(00)00256-9.

DOR-NY, P. et VERCRUYSSSE, J., 1998. Evaluation of a micro method for the routine determination of serum pepsinogen in cattle. *Research in Veterinary Science*. 1 novembre 1998. Vol. 65, n° 3, pp. 259-262. DOI 10.1016/S0034-5288(98)90153-9.

DRAVIGNEY, L, RAVINET, N, JOZAN, T, GRELAUD, P, LEDIEU, L, LOPEZ, M et CHARTIER, C, 2022. Émergence de résistance aux anthelminthiques dans des élevages de bovins du Haut Cantal. *Bulletin des G.T.V.* 2022. N° 106, pp. 47. P

DROUILLARD, J. S. et KUHL, G. L., 1999. Effects of previous grazing nutrition and management on feedlot performance of cattle. *Journal of Animal Science*. 1 janvier 1999. Vol. 77, n° suppl\_2, pp. 136-146. DOI 10.2527/1999.77suppl\_2136x.

EYSKER, M. et PLOEGER, H. W., 2000. Value of present diagnostic methods for gastrointestinal nematode infections in ruminants. *Parasitology*. 2000. Vol. 120 Suppl, n° 7, pp. S109-119. DOI 10.1017/s0031182099005752.

FANKE, J, CHARLIER, J, STEPPIN, T, VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G, VERCRUYSSE, J et DEMELER, J, 2017. Economic assessment of *Ostertagia ostertagi* and *Fasciola hepatica* infections in dairy cattle herds in Germany using Paracalc®. *Veterinary Parasitology*. 15 juin 2017. Vol. 240, pp. 39-48. DOI 10.1016/j.vetpar.2017.03.018.

FAUX, A-M, DECRUYENAERE, V, FARINELLE, A et STILMANT, D, 2017. Parasitisme chez les génisses au pâturage en relation avec les pratiques des éleveurs en agriculture biologique. In : [en ligne]. 21 mars 2017. pp. 164-165. [Consulté le 30 mai 2023]. Disponible à l'adresse: [https://orgprints.org/id/eprint/45093/La gestion du parasitisme au pâturage est un défi majeur pour l'éleveur, particulièrement en conditions bio](https://orgprints.org/id/eprint/45093/La_gestion_du_parasitisme_au_paturage_est_un_défi_majeur_pour_l'éleveur_particulièrement_en_conditions_bio).

FORTEAU, L., DUMONT, B., SALLÉ, G., BIGOT, G. et FLEURANCE, G., 2019. Horses grazing with cattle have reduced strongyle egg count due to the dilution effect and increased reliance on macrocyclic lactones in mixed farms. *Animal*. Vol. 14, n° 5, pp. 1076-1082. DOI 10.1017/S1751731119002738.

FRASER, M. D., DAVIES, D. A., VALE, J. E., HIRST, W. M. et WRIGHT, I. A., 2007. Effects on animal performance and sward composition of mixed and sequential grazing of permanent pasture by cattle and sheep. *Livestock Science*. 1 juillet 2007. Vol. 110, n° 3, pp. 251-266. DOI 10.1016/j.livsci.2006.11.006.

FRUTSCHI MASCHER, V, JUILLERAT, P.-A et HECKENDORN, F, 2015. Gestion du pâturage des génisses pour diminuer la pression parasitaire et renforcer l'acquisition de leur immunité. In : *Rencontre Recherche Ruminants (3R)*. 2015.

GASBARRE, L C., 1997. Effects of gastrointestinal nematode infection on the ruminant immune system. *Veterinary Parasitology*. 1 novembre 1997. Vol. 72, n° 3, pp. 327-343. DOI 10.1016/S0304-4017(97)00104-0.

GASBARRE, L C., LEIGHTON, Eldin A. et SONSTEGARD, Tad, 2001. Role of the bovine immune system and genome in resistance to gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*. 12 juillet 2001. Vol. 98, n° 1, pp. 51-64. DOI 10.1016/S0304-4017(01)00423-X.

GAULY, M. et ERHARDT, G., 2001. Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Rhön sheep following natural infection. *Veterinary Parasitology*. 13 décembre 2001. Vol. 102, n° 3, pp. 253-259. DOI 10.1016/s0304-4017(01)00530-1.

GAYRARD, V., ALVINERIE, M. et TOUTAIN, P. L., 1999. Comparison of pharmacokinetic profiles of doramectin and ivermectin pour-on formulations in cattle. *Veterinary Parasitology*. 1 février 1999. Vol. 81, n° 1, pp. 47-55. DOI 10.1016/s0304-4017(98)00236-2.

GEURDEN, T, CHARTIER, C, FANKE, J, DI REGALBONO, A, TRAVERSA, D, VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G, DEMELER, J, VANIMISETTI, H B, BARTRAM, D J. et DENWOOD, M J., 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.

GOWEN, J W, 1948. Inheritance of immunity in animals. *Annual Review of Microbiology*. 1948. pp. 215-254.

GRENFELL, B. T., SMITH, G. et ANDERSON, R. M., 1987. A mathematical model of the population biology of *Ostertagia ostertagi* in calves and yearlings. *Parasitology*. octobre 1987. Vol. 95, n° 2, pp. 389-406. DOI 10.1017/S0031182000057826. cows and its effect on milk production. *The Veterinary Record*. 22 mai 1999. Vol. 144, n° 21, pp. 581-587. DOI 10.1136/vr.144.21.581.

GROUPE GASCONNE DES PYRÉNÉES, 2021. Gasconne des Pyrénées. *gasconne.com*. [en ligne]. 31 octobre 2021. [Consulté le 26 juin 2023]. Disponible à l'adresse: <https://www.gasconne.com/> Site officiel du Groupe Gasconne des Pyrénées et de la race bovine Gasconne des Pyrénées

GUÉRIN, D, 2010. *Gestion des strongles : Connaitre dynamique d'infestation pour mieux prévenir* [en ligne]. 2010. Disponible à l'adresse: <http://cluster006.ovh.net/~gdscreus/wp-content/uploads/2012/01/2010-03-26-Strongles-et-mise-au-p%C3%A2turation1.pdf>

HAMILTON, D/Bath JG, 1970. Performance of sheep and cattle grazed separately and together. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 1970. Vol. 10, n° 42, pp. 19-26. DOI 10.1071/ea9700019.

HAWKINS, J. A., 1993. Economic benefits of parasite control in cattle. *Veterinary Parasitology*. 1 février 1993. Vol. 46, n° 1, pp. 159-173. DOI 10.1016/0304-4017(93)90056-S.

HECKENDORN, F., FRUTSCHI MASCHER, V., JUILLERAT, P.A., VORPE, L. et BADER, M., 2021. Alternate Grazing of Cattle and Horses reduces infections with Strongyle Parasites – a case study. *Schweiz Arch Tierheilkd*. 5 avril 2021. Vol. 163, n° 4, pp. 291-294. DOI 10.17236/sat00298.

HÖGBERG, N, BALTRUŠIS, P, ENWEJI, N et HÖGLUND, J, 2022. Assessment of three DNA extraction kits for the absolute quantification of strongyle nematode eggs in faecal

samples. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 9 février 2022. Vol. 64, n° 1, pp. 5. DOI 10.1186/s13028-022-00624-3.

HÖGBERG, N, LIDFORS, L, HESSLE, A, ARVIDSSON SEGERKVIST, K, HERLIN, A et HÖGLUND, J, 2019. Effects of nematode parasitism on activity patterns in first-season grazing cattle. *Veterinary Parasitology*. 1 janvier 2019. Vol. 276, pp. 100011. DOI 10.1016/j.vpoa.2019.100011.

HÖGLUND, J, ENWEJI, N et GUSTAFSSON, K, 2020. First case of monepantel resistant nematodes of sheep in Sweden. *Veterinary Parasitology, Regional Studies and Reports*. décembre 2020. Vol. 22, pp. 100479. DOI 10.1016/j.vprsr.2020.100479.

HÖGLUND, J, MORRISON, D, CHARLIER, J, DIMANDER, S-O et LARSSON, A, 2009. Assessing the feasibility of targeted selective treatments for gastrointestinal nematodes in first-season grazing cattle based on mid-season daily weight gains. *Veterinary Parasitology*. 16 septembre 2009. Vol. 164, n° 1, pp. 80-88. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.04.016.

HOSTE, H, CABARET, J., GROSMOND, G. et GUITARD, J.-P., 2009. Alternatives aux traitements anthelminthiques en élevage biologique des ruminants. *INRA Productions Animales*. 2009. Vol. 22, n° 3, pp. 245.

HOSTE, H, SOTIRAKI, S, LANDAU, S-Y, JACKSON, F et BEVERIDGE, I, 2010. Goat-nematode interactions: think differently. *Trends in Parasitology*. août 2010. Vol. 26, n° 8, pp. 376-381. DOI 10.1016/j.pt.2010.04.007.

HOSTE, H. et TORRES-ACOSTA, J. F. J., 2011. Non chemical control of helminths in ruminants: Adapting solutions for changing worms in a changing world. *Veterinary Parasitology*. 4 août 2011. Vol. 180, n° 1, pp. 144-154. DOI 10.1016/j.vetpar.2011.05.035.

INSTITUT DE L'ÉLEVAGE, 2008. *Maladies des Bovins: manuel pratique*. . France Agricole Editions. France Agricole Editions. ISBN 978-2-85557-149-2. Google-Books-ID: 3LMi05CpbSwC

JACKSON, F., BARTLEY, Dave, BARTLEY, Y. et KENYON, Fiona, 2009. Worm control in sheep in the future. *Small Ruminant Research - SMALL RUMINANT RES*. 1 octobre 2009. Vol. 86, pp. 40-45. DOI 10.1016/j.smallrumres.2009.09.015.

JACQUIET, P., 1997. *Parasitologie interne des ruminants*. . POINT VETERINAIRE. N° spécial PV rural - POINT VETERINAIRE, 30063. ISBN NSR201205.

JONES, J. R., VALE, Jim E., DAVIDSON, G. R., DAVIES, D. Arthur et WRIGHT, I. A., 2006. The effect of sward surface height on the response to mixed grazing by cattle and sheep. *Animal Science*. 2006. pp. 271-276. DOI 10.1079/ASC200517.

JORGENSEN, R. J., HENRIKSEN, S. A., SEJRSEN, K. et NANSEN, P., 1976. The serum pepsinogen analysis and its relation to bovine ostertagiasis. *Nordisk Veterinaermedicin*. 1976. Vol. 28, n° 4-5, pp. 210-216.

KAPLAN, R., 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.

KENYON, F, GREER, A, COLES, G.C., CRINGOLI, G, PAPADOPOULOS, E, CABARET, J, BERRAG, B, VÁRADY, M, VAN WYK, J, THOMAS, E et VERCRUYSSE, J, 2009. The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary parasitology*. 1 mai 2009. Vol. 164, pp. 3-11. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.04.015.

KERBOEUF, D, 1979a. Strongyloses gastro-intestinales des ruminants. Données nouvelles sur la pathologie des larves infestantes et leurs conséquences. *Bulletin des GTV*. 1979. Vol. 2B, pp. 146.

KERBOEUF, D, 1979b. Evolution du taux de pepsinogène au cours de l'ostertagiose bovine. Intérêt du dosage lors des traitements. In : *Receuil de Médecine Vétérinaire*. pp. 155, 143-148.

KERBOEUF, D, KOCK, C., DREAN, Erwan Le et LACOURT, A., 2002. Méthode simplifiée de mesure de la concentration en pepsinogène dans le serum. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 2002. Vol. 153, n° 11, pp. 707.

KERBOEUF, D., LE GARFF, G. et MAGE, C., 1981. Forecasting of bovine abomasal worm burden by means of serum pepsinogen measurement. Study on suckling calves and heifers in first and second grazing season. *Annales De Recherches Veterinaires. Annals of Veterinary Research*. 1981. Vol. 12, n° 2, pp. 201-213.

KEUS, A., KLOOSTERMAN, A. et VAN DEN BRINK, R., 1981. Detection of antibodies to *Cooperia* ssp. and *Ostertagia* ssp. in calves with the enzyme linked immunosorbent assay (ELISA). *Veterinary Parasitology*. 1 juillet 1981. Vol. 8, n° 3, pp. 229-236. DOI 10.1016/0304-4017(81)90054-6.

KLOOSTERMAN, A., VERHOEFF, J., PLOEGER, H. W. et LAM, T. J. G. M., 1993. Antibodies against nematodes in serum, milk and bulk milk samples as possible estimators of infection in dairy cows. *Veterinary Parasitology*. 1 mai 1993. Vol. 47, n° 3, pp. 267-278. DOI 10.1016/0304-4017(93)90028-L.

LEATHWICK, D. M. et BESIERS, R. B., 2014. The management of anthelmintic resistance in grazing ruminants in Australasia--strategies and experiences. *Veterinary Parasitology*. 30 juillet 2014. Vol. 204, n° 1-2, pp. 44-54. DOI 10.1016/j.vetpar.2013.12.022.

- LI, R-W., WU, S, LI, C-J, LI, W et SCHROEDER, S-G., 2015. Splice variants and regulatory networks associated with host resistance to the intestinal worm *Cooperia oncophora* in cattle. *Veterinary Parasitology*. 30 juillet 2015. Vol. 211, n° 3-4, pp. 241-250. DOI 10.1016/j.vetpar.2015.05.010.
- LUMARET, J-P et ERROUISSI, F, 2002. Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures. *Veterinary Research*. octobre 2002. Vol. 33, n° 5, pp. 547-562. DOI 10.1051/vetres:2002038.
- LUMARET, J-P, ERROUISSI, F, FLOATE, K, ROMBKE, 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*. 1 mai 2012. Vol. 13, n° 6, pp. 1004-1060. DOI 10.2174/138920112800399257.
- MAHIEU, M., 2014. Gestion du parasitisme gastro-intestinal des petits ruminants en zone tropicale humide. In : [en ligne]. 19 décembre 2014. [Consulté le 22 mai 2023]. Disponible à l'adresse: <https://www.semanticscholar.org/paper/Gestion-du-parasitisme-gastro-intestinal-des-petits-Mahieu/d8595e0b8d1df63b5a31d482489463795b1c5288>
- MARTÍNEZ-VALLADARES, M, DONNAN, A, GELDHOF, P, JACKSON, F, ROJO-VÁZQUEZ, F-A et SKUCE, P, 2012. Pyrosequencing analysis of the beta-tubulin gene in Spanish *Teladorsagia circumcincta* field isolates. *Veterinary Parasitology*. 23 mars 2012. Vol. 184, n° 2-4, pp. 371-376. DOI 10.1016/j.vetpar.2011.09.009.
- MCKELLAR, Q. A., 1997. Ecotoxicology and residues of anthelmintic compounds. *Veterinary Parasitology*. novembre 1997. Vol. 72, n° 3-4, pp. 413-426; discussion 426-435. DOI 10.1016/s0304-4017(97)00108-8.
- MERLIN, A, CHAUVIN, A, LEHEBEL, A, BRISSEAU, N, FROGER, S, BAREILLE, N et CHARTIER, C, 2016. Evaluation de la faisabilité d'un traitement ciblé sélectif contre les strongles gastro-intestinaux chez les génisses laitières de première saison de pâturage basé sur la combinaison d'indicateurs liés à la conduite du pâturage et au gain de poids individuel. *Epidemiologie et Sante Animale*. 1 janvier 2016. Vol. 70, pp. 23-33.
- MERLIN, A, CHAUVIN, A, LEHEBEL, A, BRISSEAU, N, FROGER, S, BAREILLE, N et CHARTIER, C, 2017. End-season daily weight gains as rationale for targeted selective treatment against gastrointestinal nematodes in highly exposed first-grazing season cattle. *Preventive Veterinary Medicine*. 1 mars 2017. Vol. 138, pp. 104-112. DOI 10.1016/j.prevetmed.2017.01.011.
- MERLIN, A, CHAUVIN, A, MADOUASSE, A, FROGER, S, BAREILLE, N et CHARTIER, C, 2015. Gestion raisonnée des strongyloses gastro-intestinales chez les génisses laitières en première saison de pâturage : utilisation d'indicateurs individuels ou de groupe en lien avec le GMQ. In : 22. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*. [en ligne]. Institut de l'Élevage - INRA. 2 décembre 2015. pp. 422 p. [Consulté le 26 juin 2023]. Disponible à l'adresse: <https://hal.inrae.fr/hal-02739619> Les strongles gastro intestinaux



(SGI) peuvent être responsables chez les génisses de première saison de pâturage (PSP) de retards de croissance.

MIHI, B., VAN MEULDER, F., VANCOPPERNOLLE, S., RINALDI, M., CHIERS, K., VAN DEN BROECK, W., GODDEERIS, B. M., VERCRUYSSSE, J., CLAEREBOU, E. et GELDHOF, P., 2014.

MTES, 2020. *Référentiel de gestion raisonnée et durable du parasitisme bovin au pâturage en zones humides* [en ligne]. 2020. Ministère de la transition écologique et solidaire. [Consulté le 10 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: [https://www.natura2000.fr/sites/default/files/references\\_bibliographiques/referentiel\\_parasitisme\\_zh.pdf](https://www.natura2000.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/referentiel_parasitisme_zh.pdf)

NICOL, Dr A M, 1997. THE APPLICATION OF MIXED GRAZING. *Grazing Management*. 1997.

NOLAN, T., 1996. Perspective: Animal-vegetation relations which optimise production, utilisation and protection of natural resources: An African experience. *African Journal of Range & Forage Science*. 1 avril 1996. Vol. 13, n° 1, pp. 42-48. DOI 10.1080/10220119.1996.9647893.

NOLAN, T. et CONNOLLY, J., 1977. Mixed stocking by sheep and steers - a review. *Herbage Abstracts* 47. 1977. pp. 367-374.

NOLAN, T. et CONNOLLY, J., 1989. Mixed mono-grazing by steers and sheep. *Animal Science*. juin 1989. Vol. 48, n° 3, pp. 519-533. DOI 10.1017/S0003356100004049.

OCOKOLJIC, S, TRAJIC, D, RESANOVIC, R et PAVLOVIC, S, 1969. Investigations of the possibility of efficient use of natural pastures. *Veterinaria*. Saroj 18. 1969. pp. 87-98.

PASSAFARO, T L, CARRERA, J P B, DOS SANTOS, L L, RAIDAN, F S S, DOS SANTOS, D C C, CARDOSO, E P, LEITE, R C et TORAL, F L B, 2015. Genetic analysis of resistance to ticks, gastrointestinal nematodes and *Eimeria* spp. in Nelore cattle. *Veterinary Parasitology*. 15 juin 2015. Vol. 210, n° 3-4, pp. 224-234. DOI 10.1016/j.vetpar.2015.03.017.

PEÑA-ESPINOZA, M, 2018. Drug resistance in parasitic helminths of veterinary importance in Chile: Status review and research needs. *Austral journal of veterinary sciences*. 2018. Vol. 50, n° 2, pp. 65-76. DOI 10.4067/S0719-81322018000200065.

PERRI, A F., MEJÍA, M E., LICOFF, N, DIAB, S S., FORMÍA, N, ORNSTEIN, A, BECÚ-VILLALOBOS, D et LACAU-MENGIDO, I M., 2013. Gastrointestinal parasite control during prepuberty improves mammary parenchyma development in Holstein heifers. *Veterinary Parasitology*. 6 décembre 2013. Vol. 198, n° 3, pp. 345-350. DOI 10.1016/j.vetpar.2013.09.006.

- PLOEGER, H. W. et KLOOSTERMAN, A., 1993. Gastrointestinal nematode infections and weight gain in dairy replacement stock: first-year calves. *Veterinary Parasitology*. février 1993. Vol. 46, n° 1-4, pp. 223-241. DOI 10.1016/0304-4017(93)90061-q.
- PLOEGER, H. W., KLOOSTERMAN, A., EYSKER, M., BORGSTEEDE, F. H., VAN STRAALLEN, W. et VERHOEFF, J., 1990. Effect of naturally occurring nematode infections on growth performance of first-season grazing calves. *Veterinary Parasitology*. avril 1990. Vol. 35, n° 4, pp. 307-322. DOI 10.1016/0304-4017(90)90136-y.
- PLOEGER, H. W., KLOOSTERMAN, A. et RIETVELD, F. W., 1995. Acquired immunity against *Cooperia* spp. and *Ostertagia* spp. in calves: effect of level of exposure and timing of the midsummer increase. *Veterinary Parasitology*. mai 1995. Vol. 58, n° 1-2, pp. 61-74. DOI 10.1016/0304-4017(94)00711-k.
- PUREWAL, A, FOX, M T, SHIVALKAR, P, CARROLL, A P, UCHE, U E, VAILLANT, C et WATKINSON, A, 1997. Effects of *Ostertagia ostertagi* on gastrin gene expression and gastrin-related responses in the calf. *The Journal of Physiology*. 1997. Vol. 498, n° 3, pp. 809-816. DOI 10.1113/jphysiol.1997.sp021904. 1.
- RASHID, M, RASHID, M I, AKBAR, H, AHMAD, L, HASSAN, M A, ASHRAF, K, SAEED, K et GHARBI, M, 2019. A systematic review on modelling approaches for economic losses studies caused by parasites and their associated diseases in cattle. *Parasitology*. février 2019. Vol. 146, n° 2, pp. 129-141. DOI 10.1017/S0031182018001282.
- RAVINET, N., BAREILLE, N., LEHEBEL, A., PONNAU, A., CHARTIER, C. et CHAUVIN, A., 2014. Change in milk production after treatment against gastrointestinal nematodes according to grazing history, parasitological and production-based indicators in adult dairy cows. *Veterinary Parasitology*. 17 mars 2014. Vol. 201, n° 1-2, pp. 95-109. DOI 10.1016/j.vetpar.2013.12.031.
- RAVINET, N., CHARTIER, C., HOSTE, H., MAHIEU, M., DUVAUCHELLE-WACHE, A., MERLIN, A., BAREILLE, N., JACQUIET, P. et CHAUVIN, A., 2018. Enjeux et outils du traitement raisonné contre les strongles gastro-intestinaux chez les bovins et les petits ruminants. *INRA Productions Animales*. 14 juin 2018. Vol. 30, n° 1, pp. 57-76. DOI 10.20870/productions-animales.2017.30.1.2233.
- RAVINET, N, MERLIN, A, CHARTIER, C, BAREILLE, N et CHAUVIN, A, 2015. Strongyloses digestives chez les bovins: variabilité des conséquences cliniques et zootechniques. In : *Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (JNGTV)*. [en ligne]. SNGTV - Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires. 20 mai 2015. pp. 858 p. [Consulté le 26 juin 2023]. Disponible à l'adresse: <https://hal.inrae.fr/hal-02743472> Les strongles gastro-intestinaux peuvent induire des retards de croissance, voire des atteintes cliniques lorsque les charges parasitaires sont importantes chez les jeunes bovins non-immuns.

- REMIENCE, V, LEMPEREUR, L, DECRUYENAERE, V, LOSSON, B et WAVREILLE, J, 2012. Gestion raisonnée du parasitisme chez le jeune bétail laitier à l'herbe. In : *Carrefour des productions animales. La filière laitière bovine européenne est-elle durable?*. [en ligne]. Centre wallon de Recherches agronomiques. 2 mars 2012. [Consulté le 22 mai 2023]. Disponible à l'adresse: <https://www.cra.wallonie.be/fr/gestion-raisonnee-du-parasitisme-chez-le-jeune-betail-laitier-a-lherbe-2012>
- RINALDI, L, VENEZIANO, V et CRINGOLI, G, 2007. Dairy goat production and the importance of gastrointestinal strongyle parasitism. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. août 2007. Vol. 101, n° 8, pp. 745-746. DOI 10.1016/j.trstmh.2007.03.010.
- 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. *Veterinary Record*. mai 2015. Vol. 176, n° 21, pp. 546-546. DOI 10.1136/vr.102982.
- ROY, C., 2017. Les strongyloses digestives. Cas de l'ostertagiose bovine. *Groupement corrézien de Défense sanitaire GCDS*. 2017.
- SATRIJA, F. et NANSEN, P., 1993. Experimental concurrent infections with *Ostertagia ostertagi* and *Cooperia oncophora* in the calf. *Research in Veterinary Science*. juillet 1993. Vol. 55, n° 1, pp. 92-97. DOI 10.1016/0034-5288(93)90040-m.
- SAYERS, G. et SWEENEY, T., 2005. Gastrointestinal nematode infection in sheep – a review of the alternatives to anthelmintics in parasite control. *Animal Health Research Reviews*. décembre 2005. Vol. 6, n° 2, pp. 159-171. DOI 10.1079/AHR2005108.
- SCHNIEDER, T., EPE, C., VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G. et KOHLMETZ, C., 1996. The development of protective immunity against gastrointestinal nematode and lungworm infections after use of an ivermectin bolus in first-year grazing calves. *Veterinary Parasitology*. 2 septembre 1996. Vol. 64, n° 3, pp. 239-250. DOI 10.1016/0304-4017(95)00896-9.
- SHAW, D. J., VERCRUYSSSE, J., CLAEREBOUT, E., AGNEESSENS, J. et DORNY, P., 1997. Gastrointestinal nematode infections of first-season grazing calves in Belgium: general patterns and the effect of chemoprophylaxis. *Veterinary Parasitology*. avril 1997. Vol. 69, n° 1-2, pp. 103-116. DOI 10.1016/S0304-4017(96)01105-3.
- SHAW, D. J, VERCRUYSSSE, J, CLAEREBOUT, E et DORNY, P, 1998. Gastrointestinal nematode infections of first-grazing season calves in Western Europe: general patterns and the effect of chemoprophylaxis. *Veterinary Parasitology*. 28 février 1998. Vol. 75, n° 2, pp. 115-131. DOI 10.1016/S0304-4017(97)00214-8.

SHAW, D. J., VERCRUYSSSE, J., CLAEREBOUT, E. et DORNY, P., 1998. Gastrointestinal nematode infections of first-grazing season calves in Western Europe: associations between parasitological, physiological and physical factors. *Veterinary Parasitology*. 28 février 1998. Vol. 75, n° 2-3, pp. 133-151. DOI 10.1016/s0304-4017(97)00213-6.

SHEPHARD, R W., HANCOCK, A S., PLAYFORD, M et OSWIN, S, 2022. A systematic review and meta-analysis of impact of strongyle parasitism on growth rates in young cattle. *Veterinary Parasitology*. septembre 2022. Vol. 309, pp. 109760. DOI 10.1016/j.vetpar.2022.109760.

SOULAT, J, SIBRA, C, PICARD, B et MONTEILS, V, 2022. Quelles pratiques d'élevage pour piloter la qualité des carcasses et de la viande au cours de la vie des génisses ? *INRAE Productions Animales*. 15 décembre 2022. Vol. 35, n° 3, pp. 187-200. DOI 10.20870/productions-animales.2022.35.3.7173.

STILMANT, D, FAUX, A-M et DECRUYENAERE, V, 2019. Parasitisme chez les génisses au pâturage: quelles pratiques mettre en oeuvre? *Itinéraires bio*. [en ligne]. février 2019. [Consulté le 22 mai 2023]. Disponible à l'adresse: [https://orgprints.org/id/eprint/45094/La gestion du parasitisme constitue un défi majeur pour la santé et le développement du jeune bétail au pâturage](https://orgprints.org/id/eprint/45094/La_gestion_du_parasitisme_constitue_un_défi_majeur_pour_la_santé_et_le_développement_du_jeune_bétail_au_pâturage).

STILMANT, D, VANWINDEKENS, F, MOREL, K, REVOYRON, E, ROSSING, W, COLOMBO, L et MESSEAN, A, 2019. Diversification des systèmes de cultures : les défis par Didier Stilmant et Frédéric Vanwindekens, Centre wallon de Recherches agronomiques. . 24 janvier 2019.

STROMBERG, B E., 1997. Environmental factors influencing transmission. *Veterinary Parasitology*. 1 novembre 1997. Vol. 72, n° 3, pp. 247-264. DOI 10.1016/S0304-4017(97)00100-3.

STROMBERG, B E., GASBARRE, L C., WAITE, A, BECHTOL, D T., BROWN, M S., ROBINSON, N A., OLSON, E J. et NEWCOMB, H, 2012. Cooperia punctata: Effect on cattle productivity? *Veterinary Parasitology*. 10 février 2012. Vol. 183, n° 3, pp. 284-291. DOI 10.1016/j.vetpar.2011.07.030.

SUTHERLAND, I A. et LEATHWICK, D M., 2011. Anthelmintic resistance in nematode parasites of cattle: a global issue? *Trends in Parasitology*. avril 2011. Vol. 27, n° 4, pp. 176-181. DOI 10.1016/j.pt.2010.11.008.

SYKES, A. R., 1994. Parasitism and production in farm animals. *Animal Science*. octobre 1994. Vol. 59, n° 2, pp. 155-172. DOI 10.1017/S0003356100007649.

SZYSZKA, O, TOLKAMP, B J., EDWARDS, S A. et KYRIAZAKIS, I, 2013. Do the changes in the behaviours of cattle during parasitism with *Ostertagia ostertagi* have a potential diagnostic value? *Veterinary Parasitology*. 31 mars 2013. Vol. 193, n° 1, pp. 214-222. DOI 10.1016/j.vetpar.2012.10.023.

VAN DER VOORT, M, CHARLIER, J, LAUWERS, L, VERCRUYSSSE, J, VAN HUYLENBROECK, G et VAN MEENSEL, J, 2013. Conceptual framework for analysing farm-specific economic effects of helminth infections in ruminants and control strategies. *Preventive Veterinary Medicine*. 1 mai 2013. Vol. 109, n° 3, pp. 228-235. DOI 10.1016/j.prevetmed.2012.10.017.

VAN WYK, J et MAYHEW, E, 2013. Morphological identification of parasitic nematode infective larvae of small ruminants and cattle: A practical lab guide. *The Onderstepoort journal of veterinary research*. 4 mars 2013. Vol. 80, pp. E1-E14. DOI 10.4102/ojvr.v80i1.539.

VAN WYK, J. A., 2001. Refugia--overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. mars 2001. Vol. 68, n° 1, pp. 55-67.

VERCRUYSSSE, J. et CLAEREBOU, E., 1997. Immunity development against *Ostertagia ostertagi* and other gastrointestinal nematodes in cattle. *Veterinary Parasitology*. novembre 1997. Vol. 72, n° 3-4, pp. 309-316; discussion 316-326. DOI 10.1016/S0304-4017(97)00103-9.

VERCRUYSSSE, J et CLAEREBOU, E, 2001. Treatment vs non-treatment of helminth infections in cattle: defining the threshold. *Veterinary Parasitology*. 12 juillet 2001. Vol. 98, n° 1, pp. 195-214. DOI 10.1016/S0304-4017(01)00431-9.

VERCRUYSSSE, J., HILDERSON, H. et CLAEREBOU, E., 1994. Effect of chemoprophylaxis on immunity to gastrointestinal nematodes in cattle. *Parasitology Today (Personal Ed.)*. avril 1994. Vol. 10, n° 4, pp. 129-132. DOI 10.1016/0169-4758(94)90259-3.

VERDÚ, J R., CORTEZ, V, MARTINEZ-PINNA, J, ORTIZ, A J., LUMARET, J-P, LOBO, J M., SÁNCHEZ-PIÑERO, F et NUMA, C, 2018. First assessment of the comparative toxicity of ivermectin and moxidectin in adult dung beetles: Sub-lethal symptoms and pre-lethal consequences. *Scientific Reports*. 5 octobre 2018. Vol. 8, n° 1, pp. 14885. DOI 10.1038/s41598-018-33241-0.

WEISS, D J., 2002. Application of Flow Cytometric Techniques to Veterinary Clinical Hematology. *Veterinary Clinical Pathology*. 2002. Vol. 31, n° 2, pp. 72-82. DOI 10.1111/j.1939-165X.2002.tb00284.x.

# TABLE DES ANNEXES

1. Liste détaillée des veaux de première année de pâture retenus pour notre étude :.....	141
2. Liste détaillée des génisses de seconde année de pâture retenues pour notre étude : .....	144
3. Âge des veaux de première année de pâture.....	146
3.1. Lors des premiers prélèvements.....	146
3.2. Lors de la mise à l'herbe.....	147
4. Données brutes :.....	148
4.1 Données brutes des premières années de pâture (Station PEPIRAG).....	148
4.2 Données brutes des deuxièmes années de pâture (Station PEPIRAG).....	149
4.3 Données brutes des premières années de pâture (Elevage BERTRAND).....	150
4.4 Données brutes des premières années de pâture (Elevage MIRACLES).....	151
5. Protocole du dosage de pepsinogène utilisé.....	152
6. Protocole de dosage du taux sérique en anticorps anti-ostertagia utilisé : Kit ELISA SVANOVIR® à détection des anticorps <i>O.ostertagi</i> .....	155

# ANNEXES

## 1. Liste détaillée des veaux de première année de pâture retenus pour notre étude :

<u>Elevage</u>	<u>Année de prélèvement</u>	<u>Nom veau</u>	<u>N°travail</u>	<u>Date de naissance</u>	<u>Sexe</u>	<u>Noms taureaux</u>
PEPIRAG	2018 n = 15	NANOU	1505	18/10/17	2	HONDO
		NEW LOOK	1509	24/10/17	2	EDEN
		NEO	1511	24/10/17	2	HONDO
		NOBLESSE	1519	30/11/17	2	JAPPELOUP
		NANDE	1520	05/12/17	2	INAO
		NANA	1522	18/12/17	2	GALION
		NATHALIE	1525	21/12/17	2	UV
		NEIGE	1528	26/12/17	2	BANCO
		ODETTE	1530	05/01/18	2	JACOB
		OCCITANE	1532	10/01/18	2	INCONNU
		OPEN	1534	12/01/18	2	JACOB
		OLGA	1535	13/01/18	2	JACOB
		OLIVE	1540	19/01/18	2	JACOB
		OPHELIE	1541	22/01/18	2	INCONNU
		ORANGE	1544	10/03/18	2	MACAO
	2019 n = 16	ORTENSE	3347	12/11/18	2	JAPPELOUP
		OLYMPE	3348	15/11/18	2	MONTCALM
		OLIVE	3353	31/10/18	2	JAPPELOUP
		OMBRELLE	3354	23/11/18	2	GALION
		ORNET	3355	25/11/18	2	FOURCAT
		OBOLE	3357	04/12/18	2	MADRAS
		OBELIXE	3359	14/12/18	2	MONTCALM
		ODYSSEE	3360	21/12/18	2	JACOB
		OMARIE	3362	25/12/18	2	JACOB
		ORCHIDEE	3363	27/12/18	2	JACOB
		ODILE	3364	30/12/18	2	JACOB
		OLLY	3365	11/01/19	2	JACOB
		PRINCE	3366	23/01/19	1	JACOB
		PISTACHE	3367	29/01/19	2	JACOB
		PEPITO	3369	05/02/19	1	JACOB
PALA	3372	10/03/19	2	NESQUIK		

		POMME	3375	07/10/19	2	NEW LOOK
		<b>PECHE</b>	<b>3376</b>	10/10/19	2	LOUBENS
		<b>PALOMA</b>	<b>3379</b>	13/10/19	2	FOURCAT
		<b>PAMPA</b>	<b>3382</b>	20/10/19	2	JAPPELOUP
		<b>PANTHERE</b>	<b>3383</b>	22/10/19	2	JAPPELOUP
		<b>PALERME</b>	<b>3386</b>	25/10/19	2	HONDO
		<b>PAISIBLE</b>	<b>3388</b>	29/10/19	2	LOUBENS
<b>2020</b>		<b>PADOUE</b>	<b>6935</b>	08/12/19	2	LOUBENS
<b>n = 16</b>		<b>PASTILLE</b>	<b>6937</b>	14/12/19	2	NEW LOOK
		<b>PELOTE</b>	<b>6938</b>	20/12/19	2	HONDO
		<b>PARTICULE</b>	<b>6939</b>	28/12/19	2	NEW LOOK
		RAFALE	6941	10/01/20	2	NOBEL
		<b>ROMANE</b>	<b>6942</b>	10/01/20	2	NAGUSA
		<b>ROMAINE</b>	<b>6943</b>	16/01/20	2	NAGUSA
		<b>REINETTE</b>	<b>6944</b>	23/01/20	2	NAGUSA
		<b>ROXY</b>	<b>6949</b>	14/02/20	2	NAGUSA
		RAFLE	5972	05/12/20	2	NAGANO
		REINE	5979	01/01/21	2	NAGANO
		RARE	6952	30/08/20	2	LOUBENS
		REVOLTE	6953	16/09/20	2	NEW LOOK
		REA	6956	04/10/20	2	NEW LOOK
		RATURE	6958	10/10/20	2	NEW LOOK
<b>2021</b>		REBELLE	6961	26/10/20	2	NEW LOOK
<b>n = 13</b>		REINE	6963	29/10/20	2	NEW LOOK
		RADIEUSE	6967	02/11/20	2	NEW LOOK
		REGLISSE	6971	20/11/20	2	NAGANO
		RANI	6974	29/11/20	2	OCCITAN
		RAFFINEE	6975	29/11/20	2	NAGANO
		REACTIVE	6976	01/12/20	2	NAGANO
<b>MIRACLES</b>	<b>2020</b>	REGAL	702	08/03/20	1	HONDO
	<b>n = 10</b>	PRADELLES	9708	06/09/19	2	OBELIX
		PAULA	9719	07/11/19	2	HARIBO
		PRUNELLE	9720	17/11/19	2	MISTER
		PENDULE	9721	21/11/19	2	MISTER
		PETALE	9723	02/12/19	2	LOUBENS
		RIVIERE	9729	12/02/20	2	OBELIX
		REVEUSE	9730	16/02/20	2	NEW LOOK
		RAVEL	9731	03/03/20	1	HOCCO
		RAVISSANTE	9732	06/03/20	2	LOUBENS



		RADIN	0732	13/08/20	2	HOCCO
		ROSITA	0735	19/09/20	2	LOUBENS
		RAGEUSE	0744	19/11/20	2	OCCITAN
		REINETTE	0747	22/11/20	2	MISTER
	<b>2021</b>	RENNES	0750	14/12/20	2	BANCO
	<b>n = 10</b>	SULTANA	0752	14/01/21	1	HUGO
		SABRE	0753	15/01/21	1	JACCUSE
		SACREE	0754	28/01/21	2	HOCCO
		SABLE	0755	15/02/21	1	MISTER
		SAVERDUN	9764	02/01/21	2	OBELIX
<b>BERTRAND</b>	<b>2020</b>	PEPITE	2008	30/11/19	2	BANCO
	<b>n = 12</b>	PAMPELUNE	2009	01/12/19	2	SULTAN
		PAQUERETTE	2010	02/12/19	2	BANCO
		PALOMBE	2012	04/12/19	2	LEGO
		PANDORA	2016	12/12/19	2	NEW LOOK
		PRINCESSE	2017	12/12/19	2	VOLTAIRE
		PAPRIKA	2018	19/12/19	2	HUGO
		ROYALE	2022	06/01/20	2	MONTCALM
		ROTIN	2024	07/01/20	1	LEGO
		REGLISSE	1389	20/01/20	2	LEGO
		RAMBAUD	1390	23/01/20	1	LEGO
		RAVAGEUSE	1392	31/01/20	2	LEGO
	<b>2021</b>	RADIEUSE	1402	19/11/20	2	VENGEUR
	<b>n = 15</b>	REBELLE	1403	20/11/20	2	JAPPELOUP
		RODIN	1404	28/11/20	1	VOLTAIRE
		ROMANE	1406	29/11/20	2	VENGEUR
		ROSACE	1407	02/12/20	2	BANCO
		RATATOUILLE	1411	06/12/20	2	INCONNU
		RACLETTE	1416	12/12/20	2	LANCELOT
		RAVISSANTE	1420	17/12/20	2	OEILLET
		REVERENCE	1423	21/12/20	2	OEILLET
		RASEMOTTES	1424	27/12/20	2	HUGO
		RONALDO	1425	30/12/20	1	OEILLET
		SHAKIRA	1428	01/01/21	2	OEILLET
		SIBERIE	9327	07/01/21	2	POLLUX
		SISSI	9329	14/01/21	2	LANCELOT
		SOYEUSE	9331	25/01/21	2	POLLUX

**En gras** : Animaux prélevés en G1 et G2

Sexe : 1 - mâle ; 2 – femelle

Annexe I : Liste détaillée des 107 veaux retenus pour notre étude sur les 132 prélevés.

**2. Liste détaillée des génisses de seconde année de pâture retenues pour notre étude :**

<u>Elevage</u>	<u>Année</u>	<u>Nom génisse</u>	<u>N°travail</u>	<u>Date de naissance</u>	<u>Sexe</u>	<u>Noms taureaux</u>	
<b>PEPIRAG</b>	<b>2018</b>	MARTINE	0718	05/12/16	2	HASSAN	
		MADONE	0720	06/12/16	2	ESSENTIEL	
		MAURESMO	0722	10/12/16	2	HASSAN	
		MALBORO	0729	22/12/16	2	HASSAN	
		NOEMIE	0731	11/01/17	2	HASSAN	
		NECTARINE	0732	22/01/17	2	HASSAN	
		NANOU	0735	31/01/17	2	HONDO	
		NAOMIE	0736	03/02/17	2	HONDO	
		NADIA	1497	09/02/17	2	HONDO	
		NICOLE	1502	20/06/17	2	JACOB	
		MARRAINE	3949	02/12/16	2	INAO	
		<b>NANOU</b>	<b>1505</b>	18/10/17	2	HONDO	
	<b>NEW LOOK</b>	<b>1509</b>	24/10/17	2	EDEN		
	<b>NEO</b>	<b>1511</b>	24/10/17	2	HONDO		
	<b>NOBLESSE</b>	<b>1519</b>	30/11/17	2	JAPPELOUP		
	<b>NANA</b>	<b>1522</b>	18/12/17	2	GALION		
	<b>NATHALIE</b>	<b>1525</b>	21/12/17	2	UV		
	<b>2019</b>	<b>NEIGE</b>	<b>1528</b>	26/12/17	2	BANCO	
		<b>ODETTE</b>	<b>1530</b>	05/01/18	2	JACOB	
		<b>OCCITANE</b>	<b>1532</b>	10/01/18	2	INCONNU	
		<b>OPEN</b>	<b>1534</b>	12/01/18	2	JACOB	
		<b>OLGA</b>	<b>1535</b>	13/01/18	2	JACOB	
		<b>OLIVE</b>	<b>1540</b>	19/01/18	2	JACOB	
		<b>OPHELIE</b>	<b>1541</b>	22/01/18	2	INCONNU	
		<b>ORANGE</b>	<b>1544</b>	10/03/18	2	MACAO	
		<b>2020</b>	<b>ORTENSE</b>	<b>3347</b>	12/11/18	2	JAPPELOUP
			<b>OLYMPE</b>	<b>3348</b>	15/11/18	2	MONTCALM
			<b>OLIVE</b>	<b>3353</b>	31/10/18	2	JAPPELOUP
			<b>OMBRELLE</b>	<b>3354</b>	23/11/18	2	GALION
	<b>ORNET</b>		<b>3355</b>	25/11/18	2	FOURCAT	
	<b>OBOLE</b>		<b>3357</b>	04/12/18	2	MADRAS	
	<b>OBELIXE</b>		<b>3359</b>	14/12/18	2	MONTCALM	
	<b>ODYSSEE</b>		<b>3360</b>	21/12/18	2	JACOB	

	<b>OMARIE</b>	<b>3362</b>	25/12/18	2	JACOB
	<b>ODILE</b>	<b>3364</b>	30/12/18	2	JACOB
	<b>OLLY</b>	<b>3365</b>	11/01/19	2	JACOB
	<b>PISTACHE</b>	<b>3367</b>	29/01/19	2	JACOB
	<b>PALA</b>	<b>3372</b>	10/03/19	2	NESQUIK
	PAQUERETTE	3374	10/03/19	2	NESQUIK
	<b>PECHE</b>	<b>3376</b>	10/10/19	2	LOUBENS
	<b>PALOMA</b>	<b>3379</b>	13/10/19	2	FOURCAT
	PAILLETTE	3381	13/10/19	2	JAPPELOUP
	<b>PAMPA</b>	<b>3382</b>	20/10/19	2	JAPPELOUP
	<b>PANTHERE</b>	<b>3383</b>	22/10/19	2	JAPPELOUP
	<b>PALERME</b>	<b>3386</b>	25/10/19	2	HONDO
	<b>PAISIBLE</b>	<b>3388</b>	29/10/19	2	LOUBENS
<b>2021</b>	PAIX	6933	15/11/19	2	UV
	<b>PADOUE</b>	<b>6935</b>	08/12/19	2	LOUBENS
	<b>PASTILLE</b>	<b>6937</b>	14/12/19	2	NEW LOOK
	<b>PELOTE</b>	<b>6938</b>	20/12/19	2	HONDO
	<b>PARTICULE</b>	<b>6939</b>	28/12/19	2	NEW LOOK
	<b>ROMANE</b>	<b>6942</b>	10/01/20	2	NAGUSA
	<b>ROMAINE</b>	<b>6943</b>	16/01/20	2	NAGUSA
	<b>REINETTE</b>	<b>6944</b>	23/01/20	2	NAGUSA
	<b>ROXY</b>	<b>6949</b>	14/02/20	2	NAGUSA

**En gras** : Animaux prélevés en G1 et G2

Sexe : 1 - mâle ; 2 – femelle

Annexe II : Liste détaillée des 55 génisses de seconde année de pâture retenues pour notre étude sur les 61 prélevées.

### 3. Âge des veaux de première année de pâture

#### 3.1. Lors des premiers prélèvements

						Âge moyen lors du 1er prélèvement en fonction des élevages
Elevage	Paramètres	2018	2019	2020	2021	
STATION G1	Date de naissance moyenne	14/12/17	15/12/18	29/11/19	02/11/20	126
	Date du premier prélèvement	14/05/18	04/04/19	10/03/20	23/03/21	
	<b>Age moyen lors 1er prélèvements</b>	<b>151</b>	<b>110</b>	<b>101</b>	<b>140</b>	
MIRACLE	Date de naissance moyenne			11/01/20	14/12/20	78
	Date du premier prélèvement			10/03/20	23/03/21	
	<b>Age moyen lors 1er prélèvements</b>			<b>59</b>	<b>98</b>	
BERTRAND	Date de naissance moyenne			24/12/19	17/12/20	86
	Date du premier prélèvement			10/03/20	23/03/21	
	<b>Age moyen lors 1er prélèvements</b>			<b>77</b>	<b>96</b>	
<b>Âge moyen lors du 1<sup>er</sup> prélèvement en fonction des années</b>		<b>151</b>	<b>110</b>	<b>79</b>	<b>111</b>	<b>104</b>

						Âge minimal lors du 1er prélèvement en fonction des élevages
Elevage	Paramètres	2018	2019	2020	2021	
STATION G1	Date de naissance du veau le plus jeune	10/03/18	10/03/19	14/02/20	01/01/21	25
	Date du premier prélèvement	14/05/18	04/04/19	10/03/20	23/03/21	
	<b>Plus jeunes animal prélevé</b>	<b>65</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>81</b>	
MIRACLE	Date de naissance du veau le plus jeune			08/03/20	15/02/21	2
	Date du premier prélèvement			10/03/20	23/03/21	
	<b>Plus jeunes animal prélevé</b>			<b>2</b>	<b>36</b>	
BERTRAND	Date de naissance du veau le plus jeune			31/01/20	25/01/21	39
	Date du premier prélèvement			10/03/20	23/03/21	
	<b>Plus jeunes animal prélevé</b>			<b>39</b>	<b>57</b>	
<b>Âge minimal lors du 1<sup>er</sup> prélèvement en fonction des années</b>		<b>65</b>	<b>25</b>	<b>2</b>	<b>36</b>	<b>2</b>

						Âge maximal lors du 1er prélèvement en fonction des élevages
Elevage	Paramètres	2018	2019	2020	2021	
STATION G1	Date de naissance du veau le plus âgé	18/10/17	31/10/18	07/10/19	30/08/20	208
	Date du premier prélèvement	14/05/18	04/04/19	10/03/20	23/03/21	
	<b>Animal plus âgé prélevé</b>	<b>208</b>	<b>155</b>	<b>155</b>	<b>205</b>	
MIRACLE	Date de naissance du veau le plus âgé			06/09/19	13/08/20	222
	Date du premier prélèvement			10/03/20	23/03/21	
	<b>Animal plus âgé prélevé</b>			<b>186</b>	<b>222</b>	
BERTRAND	Date de naissance du veau le plus âgé			30/11/19	19/11/20	124
	Date du premier prélèvement			10/03/20	23/03/21	
	<b>Animal plus âgé prélevé</b>			<b>101</b>	<b>124</b>	
<b>Âge maximal lors du 1<sup>er</sup> prélèvement en fonction des années</b>		<b>208</b>	<b>155</b>	<b>186</b>	<b>222</b>	<b>222</b>

### 3.2. Lors de la mise à l'herbe

						Âge moyen à la mise à l'herbe en fonction des élevages
Elevage	Paramètres	2018	2019	2020	2021	
STATION G1	Date de naissance moyenne	14/12/17	15/12/18	29/11/19	02/11/20	110
	Date moyenne mise à l'herbe	15/03/18	01/04/19	10/03/20	23/03/21	
	<b>Age moyen lors de la mise à l'herbe</b>	<b>91</b>	<b>107</b>	<b>102</b>	<b>141</b>	
MIRACLE	Date de naissance moyenne			11/01/20	14/12/20	78
	Date moyenne mise à l'herbe			10/03/20	20/03/21	
	<b>Age moyen lors de la mise à l'herbe</b>			<b>59</b>	<b>96</b>	
BERTRAND	Date de naissance moyenne			24/12/19	17/12/20	62
	Date moyenne mise à l'herbe			20/02/20	20/02/21	
	<b>Age moyen lors de la mise à l'herbe</b>			<b>58</b>	<b>65</b>	
<b>Âge moyen à la mise à l'herbe en fonction des années</b>		<b>91</b>	<b>107</b>	<b>73</b>	<b>101</b>	<b>90</b>

						Âge minimal à la mise à l'herbe suivant les élevages
Elevage	Paramètres	2018	2019	2020	2021	
STATION G1	Date de naissance du veau le plus jeune	10/03/18	10/03/19	14/02/20	01/01/21	5
	Date moyenne mise à l'herbe	15/03/18	01/04/19	10/03/20	23/03/21	
	<b>Age moyen lors de la mise à l'herbe</b>	<b>5</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>81</b>	
MIRACLE	Date de naissance du veau le plus jeune			08/03/20	15/02/21	2
	Date moyenne mise à l'herbe			10/03/20	20/03/21	
	<b>Age moyen lors de la mise à l'herbe</b>			<b>2</b>	<b>33</b>	
BERTRAND	Date de naissance du veau le plus jeune			31/01/20	25/01/21	20
	Date moyenne mise à l'herbe			20/02/20	20/02/21	
	<b>Age moyen lors de la mise à l'herbe</b>			<b>20</b>	<b>26</b>	
<b>Âge minimal à la mise à l'herbe en fonction des années</b>		<b>5</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>2</b>

						Âge maximal à la mise à l'herbe suivant les élevages
Elevage	Paramètres	2018	2019	2020	2021	
STATION G1	Date de naissance du veau le plus âgé	18/10/17	25/10/18	07/10/19	30/08/20	205
	Date moyenne mise à l'herbe	15/03/18	01/04/19	10/03/20	23/03/21	
	<b>Age moyen lors de la mise à l'herbe</b>	<b>148</b>	<b>158</b>	<b>155</b>	<b>205</b>	
MIRACLE	Date de naissance du veau le plus âgé			06/09/19	13/08/20	219
	Date moyenne mise à l'herbe			10/03/20	20/03/21	
	<b>Age moyen lors de la mise à l'herbe</b>			<b>186</b>	<b>219</b>	
BERTRAND	Date de naissance du veau le plus âgé			30/11/19	19/11/20	93
	Date moyenne mise à l'herbe			20/02/20	20/02/21	
	<b>Age moyen lors de la mise à l'herbe</b>			<b>82</b>	<b>93</b>	
<b>Âge maximal à la mise à l'herbe en fonction des années</b>		<b>148</b>	<b>158</b>	<b>186</b>	<b>219</b>	<b>219</b>



## 4.2 Données brutes des deuxièmes années de pâture (Station PEPİRAG)

Année	Nom génisse	N°travail	Sexe	OPG			PEPSINOGENE			ELISA DOR			Ht		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2018	MARTINE	0718	2	0	15	100	0,6991	1,6899	1,9539	0,4568	0,6642	0,9019	37	34	33
	MADONE	0720	2	150	0	0	0,4107	1,4326	1,9894	0,4615	1,0794	1,3431	35	34	31
	MAURESMO	0722	2	0	15	0	0,5400	0,7286	1,8508	1,0190	0,9260	1,0584	35	28	33
	MALBORO	0729	2	0	30	0	1,0318	1,7140	1,9792	0,6091	0,9320	1,1627	35	31	31
	NOEMIE	0731	2	0	100	0	2,3715	2,6042	3,4587	0,3132	0,7315	0,9298	32	29	32
	NECTARINE	0732	2	0	0	50	1,6537	2,3016	2,8723	0,6433	1,2238	1,2493	35	34	35
	NANOUI	0735	2	0	15	0	2,7241	3,5076	4,1313	0,5808	0,8413	1,0856	36	34	35
	NAOMIE	0736	2	50	0	0	1,8252	2,6801	3,0429	0,5431	0,8432	1,1791	36	33	35
	NADIA	1497	2	50	0	0	1,7170	2,6355	2,9736	0,6232	0,7684	0,9792	35	31	38
	NICOLE	1502	2	0	15	0	1,6326	2,0111	2,9139	0,3692	0,9540	1,5218	37	33	42
	MARRAINE	3949	2	0	30	25	2,0955	2,3209	3,6703	0,4116	0,6794	0,9471	36	37	35
	NANOUI	1505	2	0	100	50	0,8970	1,1702	2,0058	1,0679	1,0217	1,0372	42	36	43
2019	NEW LOOK	1509	2	0	50	100	1,1133	0,9760	1,9470	0,8550	0,8927	0,9825	37	39	33
	NEO	1511	2	0	0	0	1,0587	1,2750	1,2832	0,8894	1,1250	1,1824	32	34	30
	NOBLESSE	1519	2	0	0	100	1,0469	1,2101	1,3086	0,9692	0,9732	1,0232	34	33	29
	NANA	1522	2	15	0	0	1,1022	1,0816	1,4176	0,8949	1,0464	0,9807	37	38	29
	NATHALIE	1525	2	0	0	0	1,3200	1,6080	2,3340	0,8321	0,8425	0,9051	40	36	33
	NEIGE	1528	2	0	15	100	0,8160	1,4970	1,3800	0,5808	1,1141	1,1326	31	33	27
	ODETTE	1530	2	50	30	100	0,9500	0,8410	1,2650	0,5887	0,8085	0,8437	38	37	36
	OCCITANE	1532	2	15	30	0	1,6200	1,2500	1,2680	0,8320	0,9774	1,1349	41	40	36
	OPEN	1534	2	50	15	50	0,8540	0,9500	1,4230	0,5433	0,9387	1,0643	36	35	32
	OLGA	1535	2	0	50	50	0,3850	0,7790	2,2460	0,8723	1,2788	1,1249	36	40	35
	OLIVE	1540	2	0	0	0	0,6140	0,7890	1,1310	0,3508	0,9238	1,1490	36	36	33
	OPHELIE	1541	2	0	0	0	0,9060	1,1590	1,6880	0,2612	1,1996	1,3410	37	36	35
2020	ORANGE	1544	2	0	50	100	0,4650	1,3640	1,9820	0,7071	1,0042	1,1091	32	37	30
	ORTENSE	3347	2	0	50	0	0,5246	1,8001	1,5076	0,6601	0,9588	0,8863	40	34	32
	OLYMPIE	3348	2	0	0	0	0,4445	1,2073	1,0588	0,1878	1,0099	0,8653	37	32	25
	OLIVE	3353	2	0	0	50	0,2399	1,2347	1,2132	0,5604	0,8327	0,9448	33	31	24
	OMBRELLE	3354	2	0	100	50	0,4139	2,0365	1,4131	0,7937	0,9566	0,9579	33	28	25
	ORNET	3355	2	0	0	0	0,3787	1,1650	1,2672	0,3763	0,6183	0,5279	33	33	33
	OBOLE	3357	2	0	0	50	0,3922	1,3021	0,9830	0,3377	0,9041	0,6644	35	29	23
	OBELIXE	3359	2	100	100	50	0,4847	1,9843	2,1312	0,3080	1,0124	0,9703	39	34	26
	ODYSSEE	3360	2	0	0	0	0,4055	1,9785	0,9998	0,6408	1,0253	0,8568	44	34	28
	OMARIE	3362	2	100	200	0	0,5668	3,2146	2,3387	0,5443	0,8267	0,9542	40	34	29
	ODILE	3364	2	100	50	0	0,2563	1,3946	1,3016	0,4711	0,9532	0,9097	38	30	27
	OLLY	3365	2	50	50	100	0,3193	1,8097	1,1466	0,4169	0,5497	0,6250	33	33	25
2021	PISTACHE	3367	2	50	50	50	0,3823	1,3669	0,9252	0,7394	0,8748	1,1165	46	35	27
	PALA	3372	2	50	400	200	0,2569	0,9761	1,0755	0,5343	0,9908	0,9042	50	32	30
	PAQUERETTE	3374	2	0	50	100	0,3833	1,4146	1,3590	0,5391	0,9838	0,9224	34	31	31
	PECHE	3376	2	0	50	100	1,2303	1,8776	2,7250	0,8031	0,7834	0,7636	34	32	30
	PALOMA	3379	2	200	225	250	1,7380	2,5051	3,2723	0,6328	0,6807	0,7286	34	33	31
	PAILLETTE	3381	2	0	0	0	0,9252	1,3750	1,8248	0,9659	1,0352	1,1046	36	34	32
	PAMPA	3382	2	50	50	50	1,1384	2,0424	2,9464	0,6069	0,6185	0,6260	35	33	30
	PANTHERE	3383	2	100	50	0	2,2293	3,5142	4,7981	0,9444	0,8858	0,8272	36	34	32
	PALERME	3386	2	0	0	0	3,3503	1,4181	-0,5142	0,6313	0,6899	0,7484	36	35	33
	PAISIBLE	3388	2	0	25	50	0,9378	1,3206	1,7034	0,9695	0,9501	0,9307	36	35	33
	PAIX	6933	2	0	15	30	1,8292	1,8770	1,9248	0,9612	1,0268	1,0923	37	35	33
	PADOUE	6935	2	0	25	50	1,7373	2,0450	2,3526	1,0575	1,0028	0,9481	34	32	29
PASTILLE	6937	2	100	57,5	15	1,0623	1,6810	2,2997	1,0985	1,1236	1,1487	38	37	35	
PELOTE	6938	2	100	100	100	0,6678	1,1281	1,5883	1,1473	1,1006	1,0539	31	30	28	
PARTICULE	6939	2	50	25	0	0,8392	0,8885	0,9379	1,1063	1,1443	1,1823	33	32	31	
ROMANE	6942	2	0	0	0	1,4239	1,3757	1,3275	0,7499	0,8080	0,8662	34	32	30	
ROMAINE	6943	2	0	0	0	0,7378	0,9783	1,2188	1,0288	0,9362	0,8437	40	37	33	
REINETTE	6944	2	50	75	100	1,2232	1,0624	0,9016	0,8020	0,8897	0,9774	38	35	32	
ROXY	6949	2	50	25	0	0,9390	1,0137	1,0884	0,7644	0,7829	0,8015	32	32	32	

### 4.3 Données brutes des premières années de pâture (Elevage BERTRAND)

A - Données brutes d'excrétion d'OPG, de dosage de pepsinogène, de dosage d'anticorps anti-Ostertagia, de pourcentage d'hématocrite et de%PAT :

Année	Nom génisse	N°travail	Date naiss	Sexe	OPG			PEPSINOGENE			ELISA DOR			Ht			PAT %	
					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	P120 %	P210 %
2020	PEPITE	2008	30/11/19	2	0	300	150	0,4793	0,7924	1,3275	0,0585	0,7980	1,0783	37	32	37	104	136
	PAMPELUNE	2009	01/12/19	2	0	400	200	0,4369	0,6205	1,2999	0,0260	0,4721	0,6549	37	30	39	106	140
	PAQUERETTE	2010	02/12/19	2	0	50	100	0,7568	0,5488	1,0130	0,1832	0,5683	0,8070	39	31	37	103	142
	PALOMBE	2012	04/12/19	2	0	250	0	0,7454	1,1715	2,2591	0,0745	0,4872	0,8565	39	37	34	113	149
	PANDORA	2016	12/12/19	2	0	0	0	0,3314	1,0718	0,7195	0,1965	1,0290	1,2836	43	37	39	91	129
	PRINCESSE	2017	12/12/19	2	0	200	50	0,5230	0,4749	1,3501	0,4551	0,3094	0,8725	42	33	38	113	145
	PAPRIKA	2018	19/12/19	2	0	150	100	0,4814	1,0101	1,5983	-0,0770	1,0156	1,2980	37	31	37	113	141
	ROYALE	2022	06/01/20	2	0	150	50	0,5043	0,5101	0,5918	0,2902	0,3129	0,7943	41	36	38	117	151
	ROTIN	2024	07/01/20	1	0	50	25	0,5962	0,6335	0,4914	-0,0441	0,4216	0,9250	38	39	41	122	123
	REGLISSE	1389	20/01/20	2	0	50	200	0,0746	0,3214	0,2877	0,6666	0,8661	1,0398	41	36	43	59	140
	RAMBAUD	1390	23/01/20	1	0	50	100	0,2927	0,1657	0,0782	0,7836	0,2468	1,0850	42	41	44	115	116
	RAVAGEUSE	1392	31/01/20	2	0	350	200	0,3630	0,8470	0,2805	0,5221	0,6517	1,0597	38	36	38	58	133
	RADIEUSE	1402	19/11/20	2	0	0	0	0,5954	1,0352	1,5948	0,2766	0,8172	0,6963	48	28	38	98	98
	REBELLE	1403	20/11/20	2	0	250	0	0,2690	0,4728	0,8587	0,2001	0,2719	0,9018	36	32	36	100	102
RODIN	1404	28/11/20	1	0	400	200	0,4075	1,1737	0,9068	0,1635	0,5495	0,7331	38	38	35	111	110	
ROMANE	1406	29/11/20	2	0	250	300	0,6234	1,2138	2,3954	-0,0023	0,3213	0,6793	39	30	34	104	105	
ROSACE	1407	02/12/20	2	0	50	0	0,3680	1,0122	1,4707	0,0456	0,5569	0,6603	47	36	34	95	97	
RATATOUILLE	1411	06/12/20	2	0	250	0	0,5624	0,7820	1,2949	-0,0334	0,3830	0,7926	32	37	38	93	99	
RACLETTE	1416	12/12/20	2	0	100	100	0,3027	0,1887	0,8967	0,0844	0,5866	0,7407	33	36	35	83	93	
RAVISSANTE	1420	17/12/20	2	0	0	0	0,1826	0,4438	0,7236	0,1039	0,5281	0,5435	45	36	35	112	118	
REVERENCE	1423	21/12/20	2	0	300	150	0,4178	0,4013	0,9628	0,1167	0,3843	0,4992	42	34	34	96	101	
RASEMOTTES	1424	27/12/20	2	0	0	50	0,3595	0,6701	0,5768	0,2257	0,5529	1,1302	45	34	32	88	97	
RONALDO	1425	30/12/20	1	0	500	100	0,4856	0,6166	0,7345	0,0149	0,4240	0,8918	42	40	36	121	121	
SHAKIRA	1428	01/01/21	2	0	0	150	0,2169	0,2436	0,5371	0,0453	0,1257	0,4415	36	31	34	89	93	
SIBERIE	9327	07/01/21	2	0	0	50	0,5480	0,3814	0,5912	0,4851	0,2233	0,6775	41	37	41	79	80	
SISSI	9329	14/01/21	2	0	350	200	0,5083	0,2690	0,3842	0,1853	0,2333	0,5989	30	33	35	99	104	
SOYEUSE	9331	25/01/21	2	0	500	50	0,3108	0,3437	0,8278	-0,0972	0,0851	0,8184	32	34	30	97	98	

B - Données brutes de croissance :

BERTRAND			Croissance			
Année	Nom génisse	N°travail	PAT 120	PAT210	GMQ	
2020	PEPITE	2008	156	234	0,867	
	PAMPELUNE	2009	159	241	0,911	
	PAQUERETTE	2010	155	244	0,989	
	PALOMBE	2012	169	257	0,978	
	PANDORA	2016	136	222	0,956	
	PRINCESSE	2017	170	250	0,889	
	PAPRIKA	2018	170	242	0,800	
	ROYALE	2022	175	260	0,944	
	ROTIN	2024	210	339	1,433	
	REGLISSE	1389	159	240	0,900	
	RAMBAUD	1390	198	320	1,356	
	RAVAGEUSE	1392	156	229	0,811	
	2021	RADIEUSE	1402	148	227	0,878
		REBELLE	1403	151	236	0,944
RODIN		1404	182	290	1,200	
ROMANE		1406	157	242	0,944	
ROSACE		1407	144	225	0,900	
RATATOUILLE		1411	140	229	0,989	
RACLETTE		1416	125	214	0,989	
RAVISSANTE		1420	169	273	1,156	
REVERENCE		1423	145	233	0,978	
RASEMOTTES		1424	133	223	1,000	
RONALDO		1425	198	319	1,344	
SHAKIRA		1428	134	215	0,900	
SIBERIE		9327	119	185	0,733	
SISSI	9329	149	240	1,011		
SOYEUSE	9331	146	227	0,900		



#### 4.4 Données brutes des premières années de pâture (Elevage MIRACLES)

A - Données brutes d'excrétion d'OPG, de dosage de pepsinogène, de dosage d'anticorps anti-Ostertagia, de pourcentage d'hématocrite et de%PAT :

Année	Nom génisse	N°travail	Date naiss	Sexe	OPG			PEPSINOGENE			ELISA DOR			Ht			PAT %	
					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	P120 %	P210 %
2020	REGAL	702	08/03/20	1	0	200	450	0,2826	0,4998	0,3796	0,6632	-0,0218	0,0992	35	37	37	74	73
	PRADELLES	9708	06/09/19	2	200	50	50	0,7757	0,8009	0,9047	0,0461	0,6507	0,4898	36	40	37	114	112
	PAULA	9719	07/11/19	2	250	250	200	0,3822	0,3078	0,4709	0,2796	0,6095	0,2805	43	41	38	96	97
	PRUNELLE	9720	17/11/19	2	450	700	750	0,5386	0,4462	0,8816	0,0478	0,2293	0,4056	36	32	33	101	106
	PENDULE	9721	21/11/19	2	0	500	250	0,6765	1,0133	0,5617	-0,0543	0,0715	0,4591	39	31	37	104	109
	PETALE	9723	02/12/19	2	50	50	50	0,2150	0,4705	0,8853	0,1839	0,7385	0,7381	38	32	33	100	106
	RIVIERE	9729	12/02/20	2	0	200	150	0,2534	0,5212	1,0615	-0,0814	0,1493	0,4494	43	41	36	102	103
	REVEUSE	9730	16/02/20	2	0	150	250	0,2158	0,2117	0,1779	0,1634	0,2202	0,7959	42	46	39	103	103
	RAVEL	9731	03/03/20	1	0	250	500	0,2397	0,3827	0,3658	0,6950	-0,0809	0,1274	29	37	37	106	105
	RAVISSANTE	9732	06/03/20	2	0	100	0	0,4074	0,5167	0,7033	0,7778	0,2017	0,1936	33	42	39	114	107
2021	RADIN	0732	13/08/20	2	0	350	150	0,2445	0,9522	1,0535	0,0371	0,1189	0,4249	43	40	36	111	114
	ROSITA	0735	19/09/20	2	0	0	0	0,2577	1,1743	1,4637	0,0341	0,4610	0,4525	38	37	33	122	114
	RAGEUSE	0744	19/11/20	2	0	100	50	0,4735	0,7918	1,0881	-0,0141	0,2652	0,3290	47	41	42	89	96
	REINETTE	0747	22/11/20	2	0	0	0	0,3546	0,5477	0,8692	-0,0939	0,0634	0,8259	45	35	40	96	106
	RENNES	0750	14/12/20	2	0	500	150	0,2892	0,4559	0,7843	0,1144	0,1105	0,2131	52	43	42	81	87
	SULTANA	0752	14/01/21	1	0	100	150	0,3565	0,5207	1,7650	-0,0227	0,1015	0,4194	45	38	38	105	108
	SABRE	753	15/01/21	1	0	200	50	0,4647	0,5320	0,6106	0,1025	0,1029	0,5807	35	38	41	103	103
	SACREE	0754	28/01/21	2	0	150	200	0,3275	0,4307	0,3999	0,3547	-0,0345	0,4420	41	37	39	109	116
	SABLE	0755	15/02/21	1	0	350	600	0,2036	0,2999	0,4464	0,3507	-0,0635	-0,0246	24	40	42	98	102
	SAVERDUN	9764	02/01/21	2	0	50	100	0,3571	0,6987	0,9044	0,1161	0,2459	0,4980	50	38	43	113	118

B - Données brutes de croissance :

MIRACLES			Croissance		
Année	Nom génisse	N°travail	PAT 120	PAT210	GMQ
2020	REGAL	702	128	195	0,744
	PRADELLES	9708	199	301	1,133
	PAULA	9719	167	260	1,033
	PRUNELLE	9720	176	283	1,189
	PENDULE	9721	181	291	1,222
	PETALE	9723	174	284	1,222
	RIVIERE	9729	178	277	1,100
	REVEUSE	9730	179	276	1,078
	RAVEL	9731	189	292	1,144
	RAVISSANTE	9732	198	287	0,989
2021	RADIN	0732	192	298	1,178
	ROSITA	0735	211	298	0,967
	RAGEUSE	0744	154	252	1,089
	REINETTE	0747	166	279	1,256
	RENNES	0750	140	229	0,989
	SULTANA	0752	189	309	1,333
	SABRE	0753	189	304	1,278
	SACREE	0754	177	292	1,278
	SABLE	0755	186	306	1,333
	SAVERDUN	9764	196	308	1,244

## 5. Protocole du dosage de pepsinogène utilisé.

### ETAPE 1 - Objet et domaine d'application

Dosage du Pepsinogène comme marqueur

### ETAPE 2 - Liste de diffusion et si nécessaire niveau de confidentialité

Equipe PCPMPR de l'UMR IHAP 1225

### ETAPE 3 - Matériels nécessaires

- Pipettes Manuelles
  - Plaques ELISA **Falcon** 96 puits fond plat VWR [19617/01](#)
  - Tubes eppendorf 1,5 ml CML [MCT/15](#)
- Etuve à 37°C
- Centrifugeuse à microtubes ( capacité 12)
- Agitateur de plaques
- Lecteur de plaque ELISA avec filtre à 680 nm

### ETAPE 4 - Réactifs (chimiques et biologiques)

- Albumine Bovine Fraction v SIGMA A 4503

#### a) GLYCINE (SIGMA G 7403). NaCl (SIGMA S 7653). HCl (0.1M)

Solution A :	Glycine	0.1M	7.507g	_	1.5014 g
	NaCl	0.1M	5.844	_	1.1688 g
	Eau dist	qsp	1000 ml	_	200ml

Solution B : HCl 0.27 N à partir d'une solution 1 N (27 ml dans 73 ml d'H<sub>2</sub>O)

- Mélanger 2 volumes de la solution A ( 200 ml) et 1 volume de la solution B (100 ml)
- Stériliser sur filtre 0.2 µm et Aliquoter par 250 ml et stocker à 4°C

#### b) Solution de Travail de TCA (SIGMA T 4885) à 4%

- Solution Mère à 40 g dans 1 dl (0.1 litre) d'H<sub>2</sub>O  
**400 g dans 1000 ml d'eau distillée - La solution est gardée à 4°C**
- Solution de travail : Diluer la Solution Mère au 1/10 le jour même

- c) Solution de NaOH (SIGMA S 5881) **0.25 M**  
 PM : 40       $0.25M = \frac{1}{4}$  et       $40/4 = 10$  d'où 10 g de NaOH dans 1L d'H<sub>2</sub>O
- d) Solution Mère de Tyrosine ((SIGMA) FLUKA 93829)  
 Dissoudre 1.812g de L-Tyrosine dans 1 litre d'HCl 0.1N à 20°C  
 Standard : 0.1 µmol/l (10µl ds 990µl H<sub>2</sub>O), 0.3µmol/l (30µl ds 970µl H<sub>2</sub>O), 0.5(50µl ds 950µl H<sub>2</sub>O)
- e) Solution de Substrat **à préparer une heure maximum avant le départ de la réaction**  
 Dissoudre 2g albumine bovine dans 98 ml de tampon Glycine NaCl-HCl  
 Dissoudre 1g albumine bovine dans 49 ml de tampon Glycine NaCl-HCl  
 Homogénéiser doucement 30 min à 4°C, à l'aide d'un agitateur magnétique, après avoir recouvert d'un film plastique. Filtrer sur laine de verre à 4°C
- f) Diluer extemporanément le Folin (SIGMA F9252) au 1/3 en eau distillée

## ETAPE 5 - Contenu du mode opératoire

### 1<sup>er</sup> JOUR : PREPARATION des sérums et blancs

Distribuer dans des eppendorfs de 1,5 ml les sérums et blancs comme indiqué

	Échantillon	Blanc (BSA)
Sérum et +	50 µl	-
Eau Distillée	-	50 µl
Solution de BSA	250 µl	250 µl

Fermer les microtubes et les agiter au vortex.

### 1<sup>er</sup> JOUR : PREPARATION des standards

Distribuer dans des eppendorfs de 1,5 ml, 200 µl de chaque solution de la gamme de Tyrosine préparée et fermer les microtubes.

INCUBATION de tous les eppendorfs à l'étuve à 37°C pendant 24 heures.

## 2<sup>er</sup> JOUR

1. Stopper la réaction après incubation des échantillons et des blancs. Distribuer à l'aide de la multipipette 500 µl de la solution fille de TCA (1/10 de la solution Mère).
2. Agiter au vortex
3. Attendre 10 minutes
4. Centrifuger 5 minutes à 14 000 RPM (10 000 g) à 4°C.
- 6 - Dans les micro-plaques 96 puits (fond plat) :
  - Distribuer dans tous les puits 200 µl de NaOH 0,25 N
  - Distribuer en triplicate, selon le schéma de plaque suivant, 20 µl ED, Tyrosine à différentes concentrations, BSA, POSITIF et sérums.

ED	ED	ED	S 1	S 1	S 1	S 9	S 9	S 9	S 17	S 17	S 17
T 0,1	T 0,1	T 0,1	S 2	S 2	S 2	S 10	S 10	S 10	S 18	S 18	S 18
T 0,2	T 0,2	T 0,2	S 3	S 3	S 3	S 11	S 11	S 11	S 19	S 19	S 19
T 0,3	T 0,3	T 0,3	S 4	S 4	S 4	S 12	S 12	S 12	S 20	S 20	S 20
BSA	BSA	BSA	S 5	S 5	S 5	S 13	S 13	S 13	S 21	S 21	S 21
BSA	BSA	BSA	S 6	S 6	S 6	S 14	S 14	S 14	S 22	S 22	S 22
BSA	BSA	BSA	S 7	S 7	S 7	S 15	S 15	S 15	S 23	S 23	S 23
Positif	Positif	Positif	S 8	S 8	S 8	S 16	S 16	S 16	S 24	S 24	S 24

7 - Agiter la plaque à l'aide d'un agitateur de plaque.

8 - Ajouter 30 µl dans tous les puits de Folin diluer au 1/3 en ED.

9 - Agiter la plaque à nouveau 2 minutes, à l'aide d'un agitateur de plaque.

10 - Incubation 30 minutes à température ambiante (+ ou - 5 minutes).

11 - Lire à 680 nm.

## **6. Protocole de dosage du taux sérique en anticorps anti-ostertagia utilisé : Kit ELISA SVANOVIR® à détection des anticorps 0.ostertagi**

### **ETAPE 1 – Préparation des réactifs**

- Tampon PBS – Tween : Diluer au 1/20e la solution concentrée de PBS – Tween dans l'eau purifiée. Préparer 500 mL par plaque en diluant 25 mL dans 475 mL d'eau et bien mélanger.
- Les sérums sont préalablement dilués au 1/160e (Référence : basée une communication privée avec Chartier lors de la première année d'étude de Delphine de Cherade de Montbron) avec du PBS Tween (Tampon pH 7,2) avant d'être utilisés. Soit 5uL de sérum dans 795 uL de PBS.

### **ETAPE 2 – Ajouter les échantillons**

- Ajouter 100 µL de contrôle positif (Réactif A) et 100 µL de contrôle négatif (Réactif B) dans les puits sélectionnés. En duplicate.
- Ajouter 100 µL d'échantillon de sérum dilué (1/160) dans les puits sélectionnés. Un puit par échantillon. Dans la mesure où le kit est cher et où il y a peu de risque d'erreur durant cette manipulation, nous n'avons pas les puits d'échantillon en duplicate.
- Les contrôles positifs et négatifs ont été réalisés en duplicate sur chaque plaque.

**ETAPE 3 –** Mélanger la plaque. Couvrir la plaque / barrette et l'incuber pendant 1 heure à température ambiante, entre 18 et 25 °C. Cette étape permet aux anticorps *anti-ostertagia* de se fixer aux antigènes au fond des puits.

**ETAPE 4 –** Laver la plaque / les barrettes 3 fois avec 300 µL de tampon PBS – Tween dilué : à chaque cycle de lavage, remplir les puits, vider la plaque, et tapoter sur du papier absorbant pour éliminer les restes de liquide. Réalisé manuellement. Cette étape nous permet d'éliminer les autres anticorps (non spécifiques d'*Ostertagia* donc non fixés au fond des puits) présents dans le sérum du bovin.

**ETAPE 5 –** Ajouter 100 µL de conjugué HRP (Horse Raddish Peroxidase) dans chaque puits. Couvrir la plaque/ barrette et incuber pendant 1 heure à température ambiante, 18 – 25°C.

**ETAPE 6** – Répéter l'étape 4. Cette étape nous permet d'éliminer les conjugués HRP non fixés aux anticorps anti *Ostertagia*.

**ETAPE 7** – Ajouter 100 µL de solution de substrat dans chaque puits. Incuber pendant 30 minutes, à l'obscurité et à température ambiante 18 – 25°C. Commencer le décompte quand le premier puits est rempli.

**ETAPE 8** – Arrêter la réaction en ajoutant 50 µL de la solution STOP dans chaque puits et mélanger. Ajouter la solution STOP dans le même ordre que la solution de substrat (ETAPE 7).

**ETAPE 9** – Mesurer la densité optique (DO) des contrôle et des échantillons à 405 nm à l'aide d'un spectromètre pour microplaques. La DO est mesurée immédiatement après la fin du temps d'attente.

**Calculs DO ELISA :** Calculer les valeurs de DO moyenne pour les contrôles et les échantillons. Calculer les valeurs de DOR pour les contrôles ainsi que les échantillons en utilisant la formule suivante :

$$\text{DOR} = (\text{DO échantillon} - \text{DO contrôle négatif}) / (\text{DO contrôle positif} - \text{contrôle négatif})$$

Où la DO est la valeur d'absorbance à 405 nm de l'échantillon et où la DO des contrôles est représentée par la valeur moyenne des puits réalisés en duplicata.

ALDEBERT Alix

RESISTANCE NATURELLE AUX STRONGLES DIGESTIFS EN RACE GASCONNE DES PYRENEES : EPIDEMIOLOGIE ET IMPACT ZOOTECHNIQUE (étude sur 4 années de suivi).

Chez les bovins élevés au pâturage l'infestation par les strongles gastro-intestinaux est inévitable. Les impacts zootechniques et économiques qui en découlent peuvent être importants. L'utilisation systématiques des anthelminthiques, classiquement mise en oeuvre pendant des années n'est plus envisageable à l'heure actuelle. Ainsi, une des alternatives envisagées est de favoriser d'élevage de bovins résistants à ces strongles.

Le projet SERUSTIC a suivi pendant quatre saison de mise à l'herbe des veaux et des génisses de première et de seconde année de pâture. Ces animaux, tous de race Gasconne des Pyrénées et élevés dans le piémont pyrénéen ariégeois, n'ont reçu aucun traitement anthelminthique. Pour chaque animal les paramètres suivis ont été le dénombrement d'œufs de strongles dans les fèces, le dosage du pepsinogène sanguin, le dosage d'anti-corps anti-ostertagia, l'hématocrite ainsi que le suivi pondéral. Le but étant de mettre en évidence des population de veaux davantage résiliants / résistants aux strongles digestifs et de caractériser ces populations spécifiques de veaux.

Mots clés : strongles digestifs, jeunes bovins, sélection génétique, résistance anthelminthique, effet père, pâturage.

NATURAL RESISTANCE TO DIGESTIVE STRONGYLES IN GASCON PYRENEES CATTLE: EPIDEMIOLOGY AND ZOOTECHNICAL IMPACT (a 4-year follow-up study). In cattle raised on pasture, infestation by gastrointestinal strongyles is inevitable. The zootechnical and economic impacts that result from this infestation can be significant. The systematic use of anthelmintics, traditionally employed for years, is no longer worth considering right now. Therefore, one of the considered alternatives is to promote the breeding of cattle resistant to these strongyles. The SERUSTIC project followed calves and heifers during four grazing seasons. These animals, all of Gascon Pyrenees breed and raised in the Ariège Pyrenean foothills, did not receive any anthelmintic treatment. For each animal, the parameters monitored included the count of strongyle eggs in feces, blood pepsinogen levels, anti-ostertagia antibody levels, hematocrit, and weight monitoring. The goal was to identify populations of calves that are more resilient/resistant to digestive strongyles and to characterize these specific populations of calves.

Keywords: digestive strongyles, young cattle, genetic selection, anthelmintic resistance, paternal effect, grazing.