

ONIRIS - ECOLE NATIONALE VETERINAIRE, AGROALIMENTAIRE ET DE L'ALIMENTATION  
ANNEE 2021

**SUIVI D'INFESTATION PAR LES STRONGLES GASTRO-  
INTESTINAUX CHEZ LES GENISSES LAITIERES DE  
SECONDE SAISON DE PATURAGE ELEVEES SOUS  
NOURRICE EN PREMIERE SAISON DE PATURAGE**

THESE

pour le

diplôme d'Etat de

DOCTEUR VETERINAIRE

présentée et soutenue publiquement

le 1<sup>er</sup> octobre 2021

devant

la Faculté de Médecine de Nantes par

**Vicky CHANNAUX**

Née le 11 juillet 1995 à Brive-la-Gaillarde (19)

JURY

Président : Monsieur Patrick LUSTENBERGER, Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Membres : Mme Nadine RAVINET, Maître de conférences à Oniris

Mr Christophe CHARTIER, Professeur à Oniris





ONIRIS - ECOLE NATIONALE VETERINAIRE, AGROALIMENTAIRE ET DE L'ALIMENTATION  
ANNEE 2021

**SUIVI D'INFESTATION PAR LES STRONGLES GASTRO-  
INTESTINAUX CHEZ LES GENISSES LAITIERES DE  
SECONDE SAISON DE PATURAGE ELEVEES SOUS  
NOURRICE EN PREMIERE SAISON DE PATURAGE**

THESE

pour le

diplôme d'Etat de

DOCTEUR VETERINAIRE

présentée et soutenue publiquement

le 1<sup>er</sup> octobre 2021

devant

la Faculté de Médecine de Nantes par

**Vicky CHANNAUX**

Née le 11 juillet 1995 à Brive-la-Gaillarde (19)

JURY

Président : Monsieur Patrick LUSTENBERGER, Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Membres : Mme Nadine RAVINET, Maître de conférences à Oniris

Mr Christophe CHARTIER, Professeur à Oniris



# Liste actualisée du corps enseignant

## Département **BPSA** Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment

<b>Responsable : Hervé POULIQUEN - Adjoint : Emmanuel JAFFRES</b>		
Nutrition et Endocrinologie	Patrick NGUYEN (Pr)	
Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Martine KAMMERER (Pr) Yassine MALLEM (Pr)	Hervé POULIQUEN (Pr) Antoine ROSTANG (MCC)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Julie HERVE (MC)	Lionel MARTIGNAT (Pr) Grégoire MIGNOT (MC)
Histologie et anatomie pathologique	Jérôme ABADIE (MC) Marie-Anne COLLE (Pr)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC)
Pathologie générale, microbiologie et immunologie	Hervé SEBBAG (MC)	
Biochimie alimentaire industrielle	Clément CATANEO (MC) Joëlle GRUA (MC) Laurent LE THUAUT (MC)	Carole PROST (Pr) Thierry SEROT (Pr) Florence TEXIER (MC)
Microbiotech	Géraldine BOUE (MC) Nabila HADDAD (MC) Emmanuel JAFFRES (MC)	Mathilde Mosser (MC) Hervé Prevost (Pr) Raouf Tareb (MC)

## Département **SAESP** Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique

<b>Responsable : Alain CHAUVIN - Adjoint : Raphaël GUATTEO</b>		
Elevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE François BEAUDEAU (Pr) Ségolène CALVEZ (MC) Christine FOURICHON (Pr)	Aurélien MADOUASSE (MC) Lucile MARTIN (Pr) Nora NAVARRO-GONZALEZ
Infectiologie	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC) Alain CHAUVIN	Emmanuelle MOREAU (PR) Carole PEROZ (MC) Nadine RAVINET (MC) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr)
Médecine des animaux d'élevage	Sébastien ASSIE (MC) Catherine BELLOC (Pr) Isabelle BREYTON (MC) Christophe CHARTIER (Pr)	Raphaël GUATTEO (Pr) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Anne RELUN (MC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Eric DROMIGNY (MC HDR) Michel FEDERIGHI (Pr) Bruno LE BIZEC (Pr)	Catherine MAGRAS (Pr) Marie-France PILET (Pr) Fanny RENOIS-MEURENS (MC)

**Département DSC Sciences cliniques**

<b>Responsable : Catherine IBISCH - Adjoint : Olivier GAUTHIER</b>		
Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC) Margarida RIBEIRO DA SILVA NEUNLIST (MCC)	
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric AGUADO (MC HDR) Olivier GAUTHIER (Pr) Eric GOYENVALLE (MC HDR)	Caroline TESSIER* (MC) Gwénola TOUZOT-JOURDE (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Patrick BOURDEAU (Pr)	Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass)
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Nora BOUHSINA (MCC) Nicolas CHOUIN (MC) Anne COUROUCE (Pr) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Amandine DRUT (MC)	Marion FUSELLIER-TESSON (MC) Catherine IBISCH (MC) Françoise ROUX (Pr) Odile SENECAAT (MC)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Djemil BENCHARIF (MC HDR) Lamia BRIAND (MC HDR)	Jean-François BRUYAS (Pr) Francis FIENI (Pr)

**Département GPA Génie des procédés alimentaires**

<b>Responsable : Olivier ROUAUD - Adjoint : Sébastien CURET-PLOQUIN</b>	
Lionel BOILLEREAUX (Pr) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Francine FAYOLLE (Pr) Vanessa JURY (MC) Alain LEBAIL (Pr) Jean-Yves MONTEAU (MC HDR) Laurence POTTIER (MC) Cyril TOUBLANC (MC)	Sébastien CURET PLOQUIN (MC) Dominique DELLA VALLE (MC HDR) Michel HAVET (Pr) Emilie KORBEL (MC) Catherine LOISEL (MC) Olivier ROUAUD (Pr) Eve-Anne NORWOOD (MCC)

<b>Responsable : Michel SEMENOU - Adjointe : Pascal BARILLOT (MC)</b>		
Mathématiques, Statistiques, Informatique	Véronique CARIOU (MC) Philippe COURCOUX (MC) El Mostafa QANNARI (Pr)	Michel SEMENOU (MC) Chantal THORIN (Pr Ag.) Evelyne VIGNEAU (Pr)
Economie, gestion	Pascal BARILLOT (MC) Ibrahima BARRY (MCC) Florence BEAUGRAND (MC) Sibylle DUCHAINE (MC)	Sonia EL MAHJOUB (MC) Jean-Marc FERRANDI (Pr) Samira ROUSSELIERE (MC)
Langues et communication	Marc BRIDOU (PLPA) David GUYLER (Ens. cont.) Shaun MEEHAN (Ens. cont.)	Linda MORRIS (PCEA) Ian NICHOLSON (Ens. Cont.)

La reproduction d'extraits de cette thèse est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée en incluant les éléments bibliographiques suivants :

- Nom et prénoms de l'auteur : Vicky Channaux
- Année de soutenance : 2021
- Titre de la thèse : Suivi d'infestation par les strongles gastro-intestinaux chez les génisses laitières de seconde saison de pâturage élevées sous nourrice en première saison de pâturage
- Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire
- Université de soutenance : Faculté de Médecine de Nantes.
- Ecole de soutenance : Oniris - Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de L'alimentation - Nantes Atlantique
- Nombre de pages : 90

# Remerciements

*Mes sincères remerciements*

**A Monsieur Patrick Lustenberger,**

Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury

**A Madame Nadine Ravinet,**

Maître de Conférence à Oniris – Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation de Nantes

Pour son précieux encadrement, ses conseils avisés et sa bienveillance tout au long de ce travail

**A Monsieur Christophe Chartier,**

Professeur à Oniris – Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation de Nantes

Qui a accepté de participer à mon jury de thèse

**A Monsieur Aurélien Madouasse,**

Maître de Conférence à Oniris – Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation de Nantes

Pour les relectures attentives de ce travail lors de la soutenance de mon mémoire

**A Caroline Constancis,**

Pour son aide et ses conseils tout au long de ce projet

**A Guillaume Morgant**

Pour son aide et sa bonne humeur lors des visites d'élevage et des analyses de laboratoire

**Au service de parasitologie de l'UMR BIOEPAR**

Pour leur aide dans la réalisation des analyses de laboratoire

**A Nadine Brisseau**

Pour son aide précieuse lors de l'analyse statistique des données

**Aux éleveurs ayant participé à cette étude**

Pour leur disponibilité et leur accueil au cours des visites et tout au long de ce travail

**A mes très chers parents,**

Merci pour votre soutien inconditionnel durant ces huit longues années d'étude. Sans vous, je n'aurais jamais pu devenir ce que je suis aujourd'hui. Me supporter et m'accompagner aura été une clef de voûte à ma réussite. J'ai la chance aujourd'hui de faire un métier de rêve de petite fille. Je ne vous remercierai jamais assez pour cela. Je vous aime fort.

**A ma petite sœur adorée,**

Pour ta présence dans mes moments de joie comme de peine. Je ne suis pas toujours facile avec toi mais merci de m'avoir supportée hier comme aujourd'hui. Je t'aime fort.

**A mes grands-parents,**

Pour tous les bons souvenirs et leur totale confiance en moi. Pour tout l'amour que vous avez su me donner depuis que je suis née. Merci pour tout. Je vous adore fort.

**A toute ma famille, oncle, tante, cousin, cousines, amis proches de la famille,**

Merci d'avoir partagé tous ces bons moments, je pense notamment à tous ces anniversaires et fêtes familiales durant lesquelles j'ai été plus que gâtée. Merci de votre bonne humeur et votre bienveillance.

**A mes amies de prépa : Axelle, Julie, Océane et Sophie,**

Merci pour tous ces bons souvenirs, qui ont fait de ces 3 années de prépa des excellents moments. On continue et on continuera à partager encore de bonnes choses à l'avenir !  
Byaux !!! Quelle est votre profession ?

**A toute l'équipe pédagogique du Lycée Pothier,**

Grâce à vous, j'ai pu atteindre mon rêve de petite fille. Merci de votre accompagnement et de m'avoir poussée au-delà de mes limites.

**A Alizé,**

Ma boulette, qu'est-ce que je peux dire si ce n'est merci pour ces 5 merveilleuses années à tes côtés. Tu as été d'un soutien sans faille au fil de mes humeurs exaspérantes. Tant de souvenirs en commun et de bons moments passés avec toi. Tu es un petit rayon de soleil du Sud. PETARD ! Merci encore !

**A mes deux nordistes favoris,**

Une sacrée belle rencontre qui a égayé ces 5 années véto. Merci pour tous ces délicieux et copieux repas que nous avons pu partager dans votre appartement. Merci de votre soutien précieux et votre accueil plus que chaleureux que seuls les ch'tis ont le secret. Grouyere et drache sur vous ! Merci !

**A Mathilde,**

Merci encore pour ton accueil et ton soutien lors de cette longue et interminable étape statistique, pour ton écoute attentive et ton cœur en or. Merci d'avoir croisé mon chemin !

**A tous mes amis de la Préchauffe,**

Merci à vous ma petite bande de dégénérés ! Que de bonnes soirées partagées avec vous qui ont rythmé mes années véto avec beaucoup de bonne humeur !

**Aux Kro et Avengers,**

Merci pour ces intégrations et nombreuses soirées qui ont fait de ces 5 années véto, des souvenirs inoubliables !

**A tous mes amis badistes,**

Le sport restera toujours une échappatoire. Mais cette échappatoire n'aurait rien été sans vous ! Merci pour tous ces week-ends sportifs et amicaux, pour toutes ces bonnes soirées en votre compagnie !

**A mes deux grandes amies Angela et Patricia**

Merci de m'avoir soutenue dans des moments difficiles qui m'ont fait grandir. Vous êtes et resterez deux magnifiques rencontres qui m'ont construit. Merci

**A la famille Delcroix,**

Merci de votre bienveillance tout au long de ces 4 années. Cela aura été un plaisir d'accompagner Marine et Juliette dans leur parcours scolaire qui sera, je pense, excellent. Vous m'avez énormément soutenu merci !

J'ai été tellement accompagnée et entourée par tant de personnes différentes et bienveillante que je suis sûre d'en oublier... Mais sachez que sans vous, je ne serai jamais devenue ce que je suis aujourd'hui. Un grand merci à vous tous !

# Table des matières

Remerciements .....	5
Table des matières .....	8
Liste des annexes.....	11
Liste des figures.....	12
Liste des tableaux.....	13
Liste des abréviations.....	15
Préambule .....	16
Introduction.....	17
Première partie : Etude bibliographique.....	15
1.    Infestation par les SGI chez les génisses .....	16
1-1.    Cycle biologique .....	16
1-1-1.    La phase externe : de l'œuf à la larve infestante .....	17
1-1-2.    La phase externe : la larve infestante L3 .....	17
1-1-3.    La phase interne : de la L3 à l'adulte .....	18
1-1-4.    La phase interne : le phénomène d'hypobiose .....	18
1-2.    Conséquences de l'infestation.....	19
1-2-1.    Pathogénie et conséquences lésionnelles.....	19
1-2-2.    Expressions cliniques de l'ostertagiose .....	19
1-2-3.    Réponse immunitaire de l'hôte .....	21
1-3.    Méthodes diagnostiques de l'ostertagiose.....	23
1-3-1.    Diagnostic épidémio-clinique .....	23
1-3-2.    La coproscopie .....	23
1-3-3.    Le dosage de pepsinogène sérique .....	24
1-3-4.    Le dosage d'anticorps anti-O. ostertagi .....	25
1-3-5.    Parasit'sim : un système expert pour dénombrer les cycles parasitaires.....	25
1-4.    Moyens de lutte .....	26
1-4-1.    Les anthelminthiques .....	26
1-4-2.    Contrôle de l'infestation par la gestion du pâturage .....	27
1-4-3.    Contrôle par la stratégie de l'effet de dilution.....	29
2.    Particularités de l'infestation par les SGI chez les veaux élevés sous nourrices.....	30
2-1.    Le système d'élevage sous nourrices.....	30

2-1-1.	Les grandes étapes de la conduite de veaux sous nourrices .....	30
2-1-2.	Conséquences sanitaires et zootechniques sur les nourrices .....	31
2-1-3.	Conséquences zootechniques sur les veaux .....	31
2-2.	Conséquences du système de veaux sous nourrices sur l'infestation des veaux par les strongles gastro-intestinaux .....	32
3.	L'infestation par les strongles gastro-intestinaux chez des génisses de seconde saison de pâturage .....	35
3-1.	L'excrétion fécale : en constante diminution ou stabilité à un faible niveau.....	35
3-2.	La contamination des parcelles .....	35
3-3.	Le dosage de pepsinogène sérique.....	36
3-4.	Le dosage d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> .....	38
Deuxième partie : Etude personnelle .....		40
1.	Contexte et objectifs .....	41
2.	Matériels et méthodes .....	43
2-1.	Echantillon de l'étude .....	43
2-2.	Collecte des données en élevage.....	44
2-3.	Prélèvements et analyses de laboratoire .....	45
2-3-1.	Prélèvements effectués.....	45
2-3-2.	Analyses coproscopiques.....	45
2-3-3.	Dosage du pepsinogène .....	46
2-3-4.	ELISA <i>Ostertagia</i> .....	46
2-3-5.	Utilisation du simulateur Parasit'sim pour estimer le nombre de cycles parasitaires réalisés dans chaque lot suivi .....	46
2-4.	Analyses statistiques.....	48
2-4-1.	Description de l'évolution de l'infestation par les SGI au cours de la saison de pâturage à l'échelle du lot.....	48
2-4-2.	Analyse de la variabilité de l'infestation entre groupes.....	48
3.	Résultats .....	52
3-1.	Description de l'échantillon d'étude.....	52
3-2.	Description de l'évolution des 3 marqueurs d'infestation de P0 à P3 .....	54
3-2-1.	Evolution du niveau d'excrétion d'œufs de SGI dans les fèces.....	54
3-2-2.	Evolution du niveau de pepsinogène sérique .....	55
3-2-3.	Evolution du niveau d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> .....	56

3-3. Variabilité inter-lots du niveau de pepsinogène en fin de seconde saison de pâturage .....	58
3-4. Variabilité inter-lots du niveau d'anticorps anti-Ostertagia en fin de seconde saison de pâturage .....	59
4. Discussion .....	62
4-1. Synthèse des résultats et interprétation .....	62
4-1-1. Les trois marqueurs d'infestation par les SGI présentait des évolutions différentes en fonction de la durée de la première saison de pâturage .....	62
4-1-2. Les niveaux de pepsinogène sérique étaient élevés en fin de seconde saison de pâturage .....	63
4-1-3. Variabilité inter-lots du niveau de pepsinogène et d'anticorps anti-Ostertagia en fin de seconde saison de pâturage.....	66
4-2. Généralisation des résultats .....	66
4-2-1. Extrapolation à d'autres régions .....	66
4-2-2. Extrapolation à d'autres années.....	67
4-2-3. Extrapolation à d'autres systèmes d'élevage.....	67
4-3. Validité des résultats.....	68
4-3-1. Absence de lots témoins n'ayant pas été élevés sous nourrices en première saison de pâturage .....	68
4-3-2. Conséquence du faible effectif.....	68
4-4. Perspectives d'application des résultats.....	69
4-4-1. Elevage des veaux sous nourrices : une pratique qui permet de diminuer l'utilisation des anthelminthiques.....	69
4-4-2. Un traitement raisonné des génisses en seconde saison de pâturage .....	69
4-5. Perspectives de recherche .....	70
4-5-1. Suivi de contamination des parcelles .....	70
4-5-2. Utilisation d'indicateurs zootechniques de résilience à l'infestation aux strongles gastro-intestinaux.....	70
4-5-3. Suivi parasitaire rapproché de ces animaux à l'âge adulte .....	71
4-5-4. Evaluation de la production laitière de ces animaux .....	71
4-5-5. Evaluation du lien génisses élevées sous nourrice – éleveurs .....	71
Conclusion générale .....	72
Références bibliographiques.....	73
Annexes .....	79

# Liste des annexes

<b>Annexe 1</b> - Protocole de dosage du pepsinogène sérique utilisé au laboratoire de parasitologie de l'UMR BIOEPAR.....	<b>80</b>
<b>Annexe 2</b> - Relevés météorologiques des différentes stations utilisées pour les modélisations Parasit'sim .....	<b>87</b>

# Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Cycle parasitaire d'O.ostertagi (Ravinet et al. 2015) .....	<b>16</b>
<b>Figure 2</b> - Mécanisme de l'augmentation du taux de pepsinogène sérique lors d'infestation par O.ostertagi (Ravinet et al. 2015) .....	<b>19</b>
<b>Figure 3</b> - Mise en place séquentielle de l'immunité contre O.ostertagi chez les bovins .....	<b>21</b>
<b>Figure 4</b> - Succession des cycles parasites et générations larvaires dans le cas de pâturage continu pour des bovins de première saison de pâturage (Merlin 2017) .....	<b>28</b>
<b>Figure 5</b> - Succession des cycles parasites et générations larvaires dans le cas de système de rotation de pâture (4 pâtures, rotation tous les 10 jours) pour des bovins de première saison de pâturage (Merlin 2017) .....	<b>28</b>
<b>Figure 6</b> - Résultats de l'étude de Gasbarre et al (1993) comparant la réponse en anticorps anti-Cooperia et anti-Ostertagia entre génisses de première et de seconde saison de pâturage .....	<b>38</b>
<b>Figure 7</b> - Frise chronologique du suivi des génisses en seconde saison de pâturage en 2020 : chaque point de suivi est indiqué avec les dates et le nombre d'animaux/lots inclus (MAH = mise à l'herbe).....	<b>44</b>
<b>Figure 8</b> - Evolution de l'excrétion moyenne d'œufs de SGI dans les fèces chez des génisses en seconde saison de pâturage ayant pâture en tant que veaux sous nourrices en première saison. Cette évolution est représentée en fonction de la durée de pâturage en 1 <sup>ère</sup> saison (4 catégories). P0 : point de prélèvement à la rentrée en bâtiment de la 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage ; P1 à P3 : points de prélèvement du suivi en seconde saison de pâturage .....	<b>54</b>
<b>Figure 9</b> – Evolution du niveau de pepsinogène sérique chez des génisses en seconde saison de pâturage ayant pâture en tant que veaux sous nourrices en première saison. Cette évolution est représentée en fonction de la durée de pâturage en 1 <sup>ère</sup> saison (4 catégories). P0 : point de prélèvement à la rentrée en bâtiment de la 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage ; P1 à P3 : points de prélèvements du suivi en seconde saison de pâturage .....	<b>55</b>
<b>Figure 10</b> - Evolution du niveau d'anticorps anti-Ostertagia chez des génisses en seconde saison de pâturage ayant pâture en tant que veaux sous nourrices en première saison. Cette évolution est représentée en fonction de la durée de pâturage en 1 <sup>ère</sup> saison (4 catégories). P0 : point de prélèvement à la rentrée en bâtiment de la 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage ; P1 à P3 : points de prélèvements du suivi en seconde saison de pâturage .....	<b>56</b>

# Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> - Interprétation des résultats coproscopiques dans le cadre d'une suspicion de strongylose digestive (Ravinet N et al. 2015).....	<b>24</b>
<b>Tableau II</b> - Interprétation des taux de pepsinogène sérique chez les bovins de première et deuxième saison de pâturage selon des seuils très prudents (Ravinet et al. 2015).....	<b>25</b>
<b>Tableau III</b> - Présentation des 3 familles d'anthelminthiques contre les strongles gastro-intestinaux chez les bovins (Rostang and Puyt 2020) .....	<b>27</b>
<b>Tableau IV</b> - Poids et GMQ des veaux depuis leur naissance (Brunet et al. 2016).....	<b>32</b>
<b>Tableau V</b> - Niveau de pepsinogène sérique en fin de première saison de pâturage sur des génisses laitières élevées classiquement (c'est-à-dire ayant pâturé seules) : synthèse des résultats issus de diverses publications scientifiques .....	<b>33</b>
<b>Tableau VI</b> - Niveau de pepsinogène sérique en fin de seconde saison de pâturage sur des génisses laitières élevées classiquement (c'est-à-dire ayant pâturé seules en première saison de pâturage) : synthèse des résultats issus de diverses publications scientifiques .....	<b>37</b>
<b>Tableau VIIa</b> - Description des variables à expliquer pour analyser la variabilité entre groupes de l'infestation par les strongles digestifs chez des génisses de seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices .....	<b>50</b>
<b>Tableau VIIb</b> - Description des variables explicatives testées relatives à la première saison de pâturage pour analyser la variabilité entre groupes de l'infestation par les strongles digestifs chez des génisses de seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices.....	<b>50</b>
<b>Tableau VIIc</b> - Description des variables explicatives testées relatives à la seconde saison de pâturage pour analyser la variabilité entre groupes de l'infestation par les strongles digestifs chez des génisses de seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices.....	<b>51</b>
<b>Tableau VIII</b> - Description des lots de l'étude et de leur conduite de pâturage.....	<b>53</b>
<b>Tableau IX</b> - Valeurs moyennes (et écarts type) des trois marqueurs d'infestation par les SGI à l'échelle du lot aux différents points de prélèvement (P0 à P3) constituant le suivi de génisses en seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices en première saison .....	<b>57</b>
<b>Tableau X</b> - Résultats de l'analyse univariée (régression logistique) concernant le niveau moyen de pepsinogène sérique en fin de seconde saison de pâturage (seuil de discrétisation à 2 UTyr) : variables explicatives (variables qualitatives) conservées pour l'analyse multivariée (p-value < 0,20) .....	<b>58</b>

<b>Tableau XI</b> - Résultats de l'analyse univariée (régression logistique) concernant le niveau moyen d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> (seuil de discrétisation à 0,8 ODR) : variables explicatives (variables qualitatives) conservées pour l'analyse multivariée (p-value < 0,20).....	<b>60</b>
<b>Tableau XII</b> - Résultats de l'analyse multivariée (régression logistique) concernant le niveau moyen d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> (seuil de discrétisation à 0,8 ODR) .....	<b>61</b>
<b>Tableau XIII</b> - Suivi d'excrétion fécale d'œufs de strongles gastro-intestinaux sur des génisses laitières pâturant seules en première saison de pâturage : synthèse des résultats issus de diverses publications scientifiques.....	<b>64</b>
<b>Tableau XIV</b> - Suivi du niveau d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> sur des génisses laitières pâturant seules en première saison de pâturage : synthèse des résultats issus de diverses publications scientifiques .....	<b>64</b>

# Liste des abréviations

DAL : distributeur automatique de lait

GAB : Groupement des agriculteurs bio

GLn : Génération larvaire n

HCl : acide chlorhydrique

IA : insémination artificielle

L1 : larve de 1<sup>er</sup> stade

L2 : larve de 2<sup>nd</sup> stade

L3 : larve de 3<sup>ème</sup> stade

L4 : larve de 4<sup>ème</sup> stade

MAH : mise à l'herbe

mUTyr : milli unité tyrosine

ODR : ratio de densité optique

opg : œufs par gramme

OR : Odds-ratio

SGL : strongles gastro-intestinaux

SP1 : 1<sup>ère</sup> saison de pâturage

SP2 : 2<sup>nd</sup> saison de pâturage

TCE : temps de contact effectif

UTyr : unité tyrosine

# Préambule

Cette thèse s'inscrit dans le projet de recherche européen Core-Organic Cofund intitulé « Grazy Daisy » dans lequel 15 partenaires de 8 pays sont impliqués (Danemark, Allemagne, Estonie, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Turquie et France). L'enjeu du projet est de développer des systèmes d'élevages de bovins laitiers pâturants, innovants, résilients et durables, en agriculture biologique, dans les différents contextes économiques et agro-écologiques européens. Ce projet a notamment étudié des conduites d'élevage autorisant des contacts entre vaches adultes et jeunes animaux. Le but était de produire des connaissances scientifiques directement utilisables et mobilisables par les acteurs de terrain pour pouvoir accompagner les éleveurs désireux de faire une transition vers un tel système.

Dans ce projet européen, l'Unité Mixte de Recherche (Oniris-INRAE) Biologie, Epidémiologie et Analyse de Risque en santé animale (BIOEPAR) s'est intéressée aux veaux laitiers élevés sous vaches nourrices, et aux effets de cette conduite sur la santé des veaux et des génisses de renouvellement.

# Introduction

Dans les élevages bovins laitiers conventionnels, les veaux sont séparés très rapidement de la mère (24 heures à 2 jours après la naissance) (Vanhermel 2019). Les veaux sont alors placés en case individuelle ou collective et sont nourris au biberon, au seau ou au distributeur automatique de lait (DAL), avec du lait de tank de la ferme ou de la poudre de lait achetée dans le commerce, jusqu'à leur sevrage à 2-3 mois (Perreau 2014). Le plus souvent, les veaux n'ont aucun accès à l'extérieur jusqu'à l'âge de 6 mois. Cette méthode d'élevage des veaux est largement répandue mais est de plus en plus critiquée par les consommateurs qui jugent ces pratiques peu naturelles et éloignées de la vision générale du bien-être animal (Vaarst and Alrøe 2012). Cette méthode classique d'élevage des veaux est aussi critiquée et vécue comme insatisfaisante par les éleveurs eux-mêmes, notamment en agriculture biologique dont le cahier des charges impose une alimentation lactée des veaux jusqu'à l'âge minimum de 90 jours avec du lait d'origine biologique et de préférence maternelle (Fédération Nationale d'Agriculture biologique 2008; Chambre d'Agriculture de Normandie 2019), mais sans préciser par quel moyen le lait doit être distribué aux veaux.

Dans ce contexte de forte attente sociétale d'un élevage plus respectueux du bien-être animal, de nouvelles pratiques considérées comme plus naturelles se développent en élevage laitier biologique (Langhout and Wagenaar 2006). Ces nouvelles pratiques mettent davantage en avant le lien social vache adulte-veau avec une conservation de l'allaitement par un adulte. Le veau peut téter sa mère biologique mais cette pratique implique une période d'allaitement courte afin que la mère rejoigne rapidement le troupeau laitier. Une autre solution consiste en l'utilisation d'une vache nourrice qui peut allaiter plusieurs veaux en même temps (2 à 3 veaux en moyenne par nourrice). Dans ce cas, les veaux ont un accès beaucoup plus long à la mamelle et peuvent pâturer avec les vaches nourrices (Krohn 2001). Ces jeunes veaux peuvent alors être exposés aux parasites de pâturage, et notamment aux strongles gastro-intestinaux (SGI) qui constituent une contrainte sanitaire majeure des bovins à l'herbe.

Les strongyloses gastro-intestinales des ruminants sont des maladies parasitaires provoquées par la présence et l'accumulation de nématodes dans le tube digestif. *Ostertagia ostertagi*, strongle digestif de la caillette, est le plus fréquent et le plus pathogène d'entre eux (Dorchies et al. 2012). Les ruminants se contaminent en ingérant des larves infestantes qui se trouvent sur les pâtures. Les SGI sont ubiquistes : on peut considérer que dès lors qu'un bovin pâture, il est infesté. Ces helminthoses digestives sont d'une importance majeure chez les jeunes bovins car elles ont un fort impact (Charlier et al. 2009) :

- sur les productions : baisse de croissance chez les jeunes, pertes de production laitière chez les adultes,
- sur la santé : gastro-entérite parasitaire clinique lors d'une infestation importante

Les bovins développent une immunité dite concomitante vis-à-vis des SGI qui permet d'aboutir à un équilibre entre l'hôte et le parasite avec des niveaux d'infestation qui restent faibles chez les animaux immuns.

Cette infestation par les SGI est bien documentée dans la littérature chez les génisses laitières en première saison de pâturage élevées classiquement (elles pâturent seules sans vaches adultes dès la première saison de pâturage) (Charlier et al. 2020). Les données sont moins abondantes chez les génisses en seconde saison de pâturage, mais on considère le plus souvent que l'immunité anti-SGI est acquise au cours de la seconde saison de pâturage si le contact avec ces parasites a été suffisant en première saison (Claerebout et al. 1998). A l'inverse, seulement une étude à ce jour a été menée sur le risque parasitaire lié aux SGI dans le cas de génisses élevées sous nourrices (Constancis et al. 2020). Cette unique étude a montré que le pâturage simultané des nourrices (animaux immuns) et des veaux (animaux non immuns) pouvait induire un effet de dilution qui diminue le risque parasitaire vis-à-vis des strongles digestifs. Cependant, aucune étude n'a été menée concernant l'infestation des génisses de seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices en première saison de pâturage par les strongles gastro-intestinaux. **Le premier objectif de cette thèse était donc de décrire l'infestation par les strongles gastro-intestinaux en seconde saison de pâturage chez des génisses issues de lots de veaux élevés sous nourrices l'année précédente en première saison de pâturage.**

Cet effet de dilution exercé par les nourrices a pu modifier le contact des veaux de première saison avec les strongles gastro-intestinaux. Or l'installation de l'immunité concomitante contre les SGI dépend d'une part de la durée de ce contact et d'autre part de l'intensité du contact avec les larves (Claerebout et al. 1998). On peut donc se demander si la diminution du contact avec les parasites chez les veaux sous nourrices pourrait avoir un impact sur l'installation de l'immunité contre les SGI et donc influencer l'infestation des génisses issues de tels lots en seconde saison de pâturage. De plus, l'infestation des génisses en seconde saison peut être variable selon des facteurs liés à leur conduite lors de l'année précédente, et/ou liés à leur conduite en seconde saison de pâturage. **Le second objectif de cette thèse est d'évaluer les variations de cette infestation en fonction des caractéristiques de la conduite en 1<sup>ère</sup> saison (veaux sous nourrices) et en 2<sup>ème</sup> saison (génisses sevrées pâturent sans nourrices).**

Cette thèse se décompose en deux parties. Dans une première partie, sont présentés : (i) une synthèse bibliographique sur les strongles gastro-intestinaux, (ii) un rappel sur le système d'élevage des veaux sous nourrice et les résultats de l'étude ayant évalué l'infestation par les strongles gastro-intestinaux chez ces veaux, puis (iii) une synthèse des données publiées chez les génisses en seconde saison de pâturage. La seconde partie est consacrée à l'étude personnelle avec un rappel sur le contexte et les objectifs, une description des matériels et méthodes utilisés pour cette étude, et enfin une présentation des résultats et la discussion concernant les résultats de cette étude.

## Première partie : Etude bibliographique

## 1. Infestation par les SGI chez les génisses

Les strongyloses gastro-intestinales sont les principales helminthoses de pâturage des jeunes ruminants. Ce sont des maladies provoquées par la présence et l'accumulation dans diverses portions du tube digestif des bovins de strongles gastro-intestinaux (Chauvin et al. 2020). Ce sont des vers ronds de l'ordre des *Strongylida*, parasites de la caillette ou de l'intestin des ruminants. En zone tempérée, les principaux rencontrés sont : *Ostertagia ostertagi*, *Cooperia oncophora*, *Oesophagostomum radiatum* et *Nematodirus helvetianus*.

Dans la suite de notre étude, nous nous intéresserons particulièrement à *O. ostertagi* car il s'agit du strongle digestif le plus fréquemment rencontré mais aussi le plus pathogène et celui vis-à-vis duquel l'immunité est la plus longue à se mettre en place (Charlier et al. 2020).

### 1-1. Cycle biologique

*O. ostertagi* est un strongle digestif de la caillette des bovins. Son cycle biologique est un cycle homoxène (un seul hôte) et semi-direct. Il s'effectue en deux temps :

- une **phase externe** dite libre correspondant à l'évolution de l'œuf en 3 stades larvaires consécutifs jusqu'au stade infestant sur les pâtures,
- une **phase interne** dite parasitaire au sein de l'hôte correspondant à l'évolution de la larve infestante en adulte fertile au sein de la caillette du bovin.

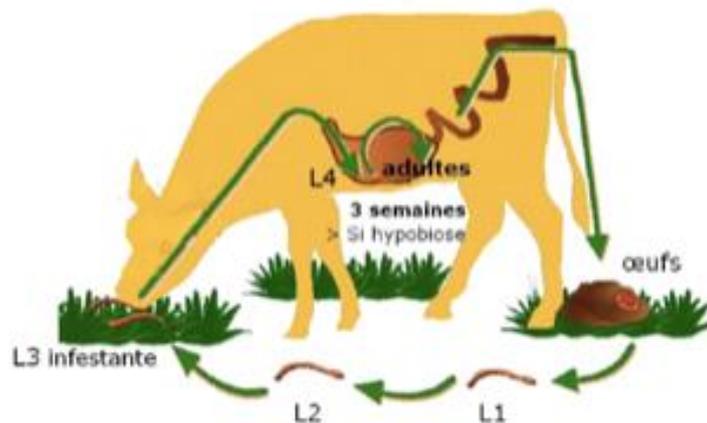


Figure 1 : Cycle parasitaire d'*O.ostertagi* (Ravinet et al. 2015)

### 1-1-1. *La phase externe : de l'œuf à la larve infestante*

Les œufs sont excrétés dans le milieu extérieur avec les fèces. L'évolution de l'œuf contenant une morula s'effectue dans un premier temps en passant par plusieurs stades libres intermédiaires (œufs, L1 et L2). Ces larves de premier et second stade sont de type rhabditoïde, elles se nourrissent de bactéries et d'algues microscopiques grâce à leur appareil rhabditoïde.

La larve de troisième stade (L3) dite infestante perd cet appareil rhabditoïde. Elle vit sur ses réserves accumulées lors du stade précédent en restant dans l'exuvie, c'est-à-dire l'enveloppe larvaire.

Cette évolution de l'œuf en L3 dépend de 3 paramètres principaux : l'humidité, l'oxygénation et la température. Lorsque les conditions sont optimales, le développement peut se faire entre 5 à 7 jours minimum.

L'humidité est un des facteurs inducteurs de l'évolution. Un taux d'humidité optimal est situé entre 80 et 95% (Anderson 1988). De plus, une oxygénation suffisante est indispensable pour l'induction du développement. C'est pourquoi un milieu anoxique comme un fumier ou encore un milieu trop humide comme un marais sont des milieux défavorables à l'évolution de l'œuf en L3. *O. ostertagi* est donc un parasite de pâturage : l'évolution s'effectue à l'extérieur des fèces ou à l'intérieur de ces dernières si elles sont bien aérées (suite à l'action d'insectes coprophages par exemple).

La température régule quant à elle, la durée du développement de l'œuf à la larve L3. La température optimale se situe entre 22 et 25°C (Anderson 2000). Lors d'une baisse de température, la vitesse du cycle ralentit. On estime qu'une baisse de 5°C double la durée de développement. *A contrario*, une augmentation des températures entraîne un développement plus rapide mais la survie des stades larvaires est moins importante. En effet, les stades larvaires intermédiaires ont moins de temps pour l'accumulation des réserves de la L3.

### 1-1-2. *La phase externe : la larve infestante L3*

Les larves L3 sont très mobiles. Elles effectuent leurs déplacements dans la pellicule aqueuse que l'on retrouve à la surface du sol et des végétaux. Leurs déplacements dépendent de différents tropismes : hygrotronomie positif (attraction pour les zones humides), phototropisme négatif (fuite de la lumière) et géotropisme négatif (élévation par rapport au sol). Ainsi, on peut retrouver ces larves sur les brins d'herbe autour des bouses à des positions variables selon la période de la journée et des conditions météorologiques (Anderson 2000).

Lors de sécheresse, la mortalité des larves infestantes présentes sur la végétation augmente. En effet, les L3 sont très sensibles à la dessiccation. Les périodes de fortes chaleurs et de sécheresse sont donc associées à une moindre infestation des bovins. Cependant le développement des œufs, lui, continue au sein des bouses, milieux plus humides mais les larves, elles, ne migrent pas par manque de pellicule aqueuse pour leurs déplacements. Les animaux qui pâturent n'ont donc pas accès aux larves. En revanche, lorsque les pluies reviennent, toutes les larves contenues dans les bouses peuvent alors migrer vers la

végétation. Ainsi un grand nombre de larves infestantes sont donc accessibles aux bovins sur la parcelle en même temps. Les parcelles deviennent alors fortement contaminées et sont donc plus à risque pour les bovins. C'est ce qu'on appelle l'effet post-sécheresse.

Durant l'hiver, en cas d'absence de bovins, *Ostertagia ostertagi* résiste dans le milieu extérieur sous forme de larves L3. Contrairement aux stades L1 et L2 qui sont très fragiles, la larve L3 peut survivre jusqu'à 12-18 mois sous climat tempéré (Chauvin et al. 2020). Ainsi, elle peut donc survivre dans les pâtures jusqu'au retour des bovins lors de la mise à l'herbe au printemps. Cette contamination résiduelle reste cependant faible puisque la plupart des L3 meurent pendant l'hiver en consommant rapidement leurs réserves durant leur vieillissement.

#### 1-1-3. *La phase interne : de la L3 à l'adulte*

Après l'ingestion du stade L3, une migration larvaire commence :

- La L3 sort de son exuvie de L2 qui la recouvrait et s'implante dans la paroi abomasale où elle va subir 2 mues successives : en L4 puis en adulte immature.
- Ces adultes immatures retournent dans la lumière de la caillette pour acquérir leur maturité sexuelle (Taylor et al 2015).

Les adultes s'accouplent et les femelles pondent des œufs qui seront excrétés à leur tour dans les fèces.

La période pré-patente est de 21 jours chez *Ostertagia ostertagi*. Cependant le phénomène d'hypobiose peut allonger cette période (Chauvin et al. 2020).

#### 1-1-4. *La phase interne : le phénomène d'hypobiose*

Le phénomène d'hypobiose est une interruption du développement larvaire chez l'hôte pouvant durer jusqu'à 6 mois. La larve au stade L4 s'enkyste dans la muqueuse de la caillette et cesse de se développer. Ce phénomène se met en place lorsque le parasite rencontre des conditions externes défavorables à son développement comme lors des périodes hivernales. La levée d'hypobiose a lieu lorsque les conditions climatiques redeviennent favorables. En climat tempéré, la levée d'hypobiose a lieu en fin d'hiver-début de printemps. Le cycle parasitaire peut alors reprendre.

## 1-2. Conséquences de l'infestation

### 1-2-1. Pathogénie et conséquences lésionnelles

Le pouvoir pathogène d'*Ostertagia ostertagi* est essentiellement basé sur une action mécanique et traumatique sur la paroi de la caillette. Les larves L3 pénètrent dans la paroi de la caillette et migrent dans les culs-de-sac glandulaires provoquant ainsi une irritation. Ce même effet en plus important est observé lors de la sortie des larves L4 et adultes immatures dans la lumière de la caillette. En réponse à cette agression, une hyperplasie et un épaissement de la muqueuse abomasale sont observés.

Suite à cette action traumatique, les glandes gastriques s'en trouvent altérées. Les cellules pariétales subissent une dédifférenciation pour donner des cellules non sécrétrices d'acide chlorhydrique (HCl). Le pH de la caillette augmente alors, permettant une plus grande production de gastrine et donc de pepsinogène (cf. figure 2). Le pH plus basique de la caillette empêche une transformation du pepsinogène en pepsine. On observe alors une accumulation de pepsinogène dans la caillette. De plus, les glandes gastriques altérées induisent une disjonction des ponts cellulaires. Ceci entraîne une fuite des protéines plasmatiques vers la caillette et une résorption du pepsinogène accumulé dans la lumière de la caillette vers le sang (cf. figure 2). La quantité de pepsinogène circulant est finalement proportionnelle à l'étendue des lésions de la muqueuse abomasale (Armour 1970).

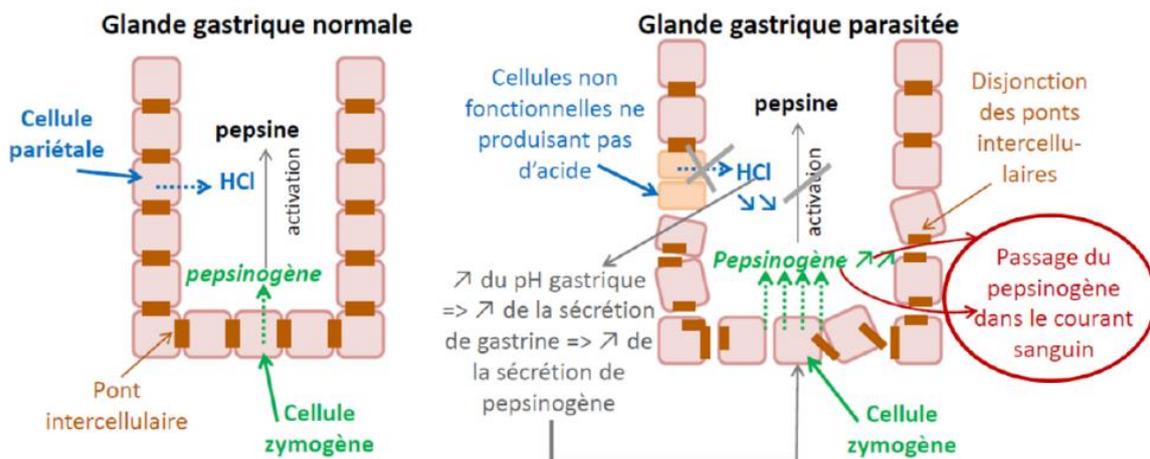


Figure 2 - Mécanisme de l'augmentation du taux de pepsinogène sérique lors d'infestation par *O.ostertagi* (Ravinet et al. 2015)

### 1-2-2. Expressions cliniques de l'ostertagiose

L'ostertagiose bovine peut s'exprimer sous plusieurs formes cliniques mais l'infestation reste aussi très souvent subclinique.

#### a. Ostertagiose subclinique

C'est la forme la plus fréquente chez les jeunes bovins non immuns. L'animal ne présente pas de signes cliniques mais l'infestation induit une baisse de croissance. Ceci a été démontré dans de très nombreuses études comparant des veaux infestés naturellement à des veaux dont l'infestation a été maîtrisée par traitement anthelminthique. Par exemple, dans une étude récente menée aux Etats-Unis, en comparant des veaux traités à l'éprinomectine et des veaux témoins, le GMQ des animaux traités était de 850 grammes par jour contre 640 grammes par jour pour les animaux non traités soit une augmentation de 33% du gain quotidien associée au vermifuge au cours d'une période de 123 jours de pâturage (Dudley and Smith 2020).

Cette perte de GMQ peut aussi avoir des impacts à plus long terme avec une fécondité diminuée d'une part (Couto et al. 2021) et une baisse de production laitière d'autre part (DesCôteaux et al. 2001).

La gestion de l'infestation des jeunes animaux par les SGI semble donc indispensable à la lumière de ces pertes zootechniques qui engendrent des pertes économiques non négligeables.

#### b. Ostertagiose de type I

Les signes cliniques sont la plupart du temps, une diarrhée aqueuse profuse souillant l'arrière train de l'animal associée à une prise de boisson augmentée et une anorexie (Chauvin et al. 2020). Ce tableau clinique est causé par l'action traumatique sur la paroi de la caillette des L3 et des vers adultes. Selon la saison, on parle d'ostertagiose de type I précoce lorsque les signes sont observés en fin de printemps jusqu'au début de l'été ou d'ostertagiose de type I classique lorsque les signes apparaissent plutôt mi-été jusqu'en début d'hiver. Les animaux expriment des signes cliniques lorsque leur charge parasitaire dépasse 40 000 vers (Armour 1970).

#### c. Ostertagiose de pré-type II

L'ostertagiose de pré-type II est associée à une accumulation des larves L4 en hypobiose enkystées dans la paroi abomasale lors de la période hivernale. Le cycle du parasite s'étant arrêté, il n'y a plus de migration intra-muqueuse et les signes cliniques sont moindres voire l'animal est asymptomatique.

#### d. Ostertagiose de type II

Cette forme clinique est observée lors de la levée de l'hypobiose des larves L4 enkystées dans la muqueuse abomasale. On retrouve donc cette forme en fin d'hiver ou au début du printemps sur des animaux ayant déjà pâture une première saison de pâturage. Un grand nombre de larves sortent en même temps de la muqueuse, provoquant des lésions parfois sévères. Il en découle des signes cliniques d'apparition brutale et très marqués caractérisés par une diarrhée profuse associée à une déshydratation, une perte de poids importante en quelques jours. L'évolution peut être fatale en l'absence de traitement (M. A. Taylor, R. L. Coop 2015).

### e. Ostertagiose allergique

Ce type d'ostertagiose est observé lors de la mise à l'herbe et touche des animaux de 2<sup>nd</sup> ou 3<sup>ème</sup> saison de pâturage dont la régulation immunitaire dysfonctionne lors de leur réinfestation. Les signes cliniques sont d'apparition brutale et sont semblables à ceux observés lors d'ostertagiose de type II : amaigrissement important associé à une diarrhée profuse (Merlin 2017). Contrairement aux types précédents, on retrouve très peu de vers adultes dans la caillette. Les lésions observées sont aussi très différentes. On retrouve plus de l'œdème et de l'inflammation (M. A. Taylor, R. L. Coop 2015).

#### 1-2-3. Réponse immunitaire de l'hôte

L'immunité des bovins face aux SGI est de type concomitante : la ré-infestation est toujours possible mais un équilibre entre l'hôte et les parasites est acquis limitant le nombre de vers présents au sein de l'hôte, et cette immunité se maintient si le contact avec le parasite est maintenu (Vercruysse and Claerebout 1997).

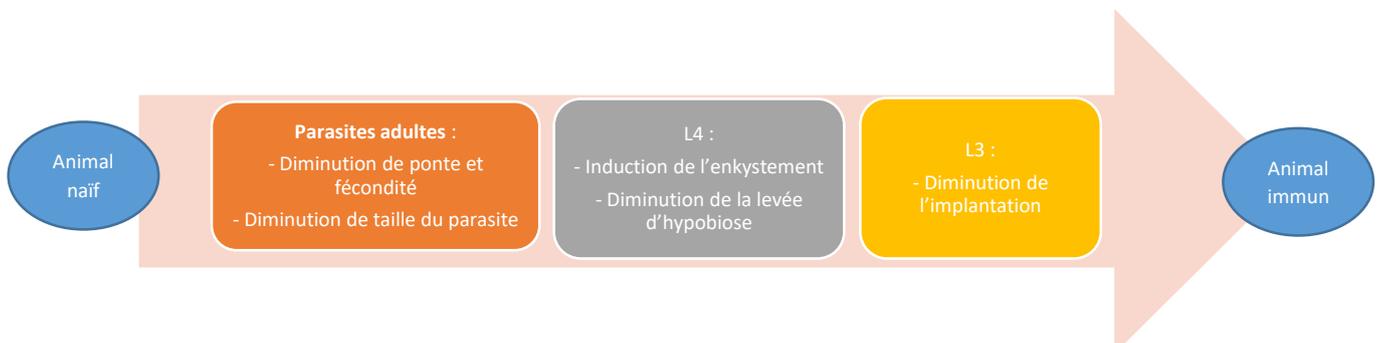


Figure 3 - Mise en place séquentielle de l'immunité contre *O.ostertagi* chez les bovins

L'immunité contre *O. ostertagi* se manifeste de manière séquentielle et progressive. Des effets sont tout d'abord observables sur les parasites adultes, puis sur les L4 et enfin sur les L3. (Claerebout et al. 1998) (cf. figure 3). Pour les adultes, le système immunitaire induit une diminution de taille des parasites et de leur fécondité. Il en résulte une baisse de ponte. Le bovin excrète donc moins d'œufs dans l'environnement extérieur (Camuset 2007). Concernant les L4, la réaction immunitaire du bovin provoque un enkystement des larves L4 (arrêt du cycle biologique non physiologique contrairement à l'hypobiose) avec, pour la plupart des larves enkystées, une non reprise du cycle de développement parasitaire. De ce fait, moins de larves sont capables d'avoir une levée d'hypobiose ( Armour and Duncan 1987). Le système immunitaire met plus de temps pour reconnaître les L3. En effet, ces dernières ne sont présentes que quelques instants dans la lumière de la caillette avant de migrer dans la paroi abomasale afin de muer en L4.

Pour la bonne mise en place de cette immunité concomitante, deux facteurs sont essentiels : un temps de contact important avec le parasite ainsi que l'intensité de ce contact. Généralement, 6 à 8 mois de contact sont nécessaires pour la mise en place de l'immunité chez les jeunes animaux non immuns (Ravinet N., Chauvin A., Chartier C. 2015). Ce temps de contact de 6 à 8 mois se doit d'être effectif. En effet, les animaux doivent se trouver en contact avec les parasites de manière réelle. Ainsi, pour calculer un temps de contact effectif (TCE), on utilise le temps de pâturage de la saison auquel on soustrait toutes périodes au cours desquelles le contact avec le parasite est diminué ou supprimé : période de traitements antihelminthiques rémanents, période de sécheresse, de forte complémentation. En élevage conventionnel, ce TCE de 6 à 8 mois est généralement atteint lors de la seconde saison de pâturage. Les animaux sont donc considérés comme immunisés en milieu ou en fin de cette seconde saison.

Mais l'installation de l'immunité n'est pas seulement liée au temps de contact, elle est aussi liée à l'intensité de ce contact. En effet, il a été démontré en troupeau bovin laitier que la mise en place de l'immunité des génisses de seconde saison de pâturage est inversement liée au degré de suppression du contact avec les parasites en première saison (Claerebout et al. 1998).

On peut donc s'interroger sur la suffisance de ce contact avec *O. ostertagi* des génisses élevées sous nourrices en première saison de pâturage pour la mise en place de cette immunité concomitante. Le système d'élevage de veaux laitiers sous nourrices se rapproche beaucoup du système allaitant conventionnel :

- Comme les mères, les nourrices sont des animaux immunisés qui peuvent avoir un effet assainissant (ingestion importante de larves mais excrétion diminuée d'œufs, ce qui induit un effet de dilution et donc une moindre exposition des veaux aux SGI) (Taylor et al. 2015)

- Les veaux ont une alimentation lactée jusqu'au sevrage induisant une moindre ingestion d'herbe et donc de larves

Cependant, ces deux systèmes diffèrent sur plusieurs points :

- Mise à l'herbe plus précoce des veaux laitiers avec leur nourrice

- Le nombre de veaux par nourrice est de 2 ou 3 alors qu'il y a un veau par mère en élevage bovin allaitant, ce qui pourrait engendrer un effet de dilution moindre

Ce qui est déjà connu en troupeau allaitant n'est donc pas forcément applicable aux veaux laitiers sous nourrices. On peut donc se demander si ces animaux acquièrent un niveau d'immunité suffisant pour contrôler l'infestation en seconde saison de pâturage. Est-ce que l'équilibre dynamique entre l'hôte et les parasites se met en place rapidement en seconde saison de pâturage ou pas chez les génisses issues de lots de veaux élevés sous nourrices ?

Il n'y a actuellement aucune étude sur le sujet.

### 1-3. Méthodes diagnostiques de l'ostertagiose

#### 1-3-1. Diagnostic épidémiologique-clinique

L'ostertagiose est caractérisée par une diarrhée aqueuse profuse plutôt verdâtre. L'animal est apyrétique mais en mauvais état général. Un retard de croissance est souvent associé.

Concernant l'épidémiologie, c'est une maladie de pâturage touchant surtout les jeunes bovins de 1<sup>ère</sup> voire de 2<sup>nde</sup> saison de pâturage. Elle touche plusieurs animaux d'un même lot.

Cependant la forme la plus fréquente de l'ostertagiose reste la forme subclinique, des examens complémentaires sont souvent nécessaires pour évaluer l'intérêt des traitements visant à éviter les baisses subcliniques de performances de croissance. Comme l'infestation est systématique pour des animaux qui pâturent, la démarche diagnostique entreprise n'est donc pas qualitative (savoir si oui ou non l'animal est infesté) mais quantitative (connaître son niveau d'infestation). Dans ce sens, les 3 principaux examens complémentaires sont des analyses quantitatives : la coproscopie, le dosage de pepsinogène sérique et le dosage d'anticorps anti-*O. ostertagi*.

#### 1-3-2. La coproscopie

La coproscopie consiste à rechercher et à dénombrer les œufs de strongles dans les fèces des bovins. Cette méthode est à la fois qualitative (rechercher la présence d'œufs de strongles) et quantitative (nombre d'œufs par gramme de fèces).

Pour effectuer une coproscopie, on utilise le plus souvent la méthode de Mac Master. Cette méthode utilise une technique de flottation. Les fèces sont plongées dans une solution à forte densité. Les œufs de strongles, plus légers, remontent alors à la surface de la cellule de Mac Master. Ces derniers peuvent donc être comptés à l'aide d'un microscope dans un volume fixe. La valeur obtenue est exprimée en œufs par gramme de fèces (opg) (Jacquiet 2007).

Une autre méthode est la technique Mini Flotac. Cette méthode est plus accessible pour le terrain en termes de temps de travail et de matériel. Cette technique utilise cependant toujours la technique de flottation (Cringoli et al. 2017).

L'interprétation des coproscopies présente cependant plusieurs limites :

1. Il est impossible de différencier les œufs des strongles entre eux (exceptés les œufs de *Nematodirus*). *O. ostertagi* et *Cooperia* sont donc non différenciables alors que ce dernier pond beaucoup plus que *O. ostertagi* mais il est moins pathogène.
2. La corrélation entre charge parasitaire et quantité d'œufs excrétés n'est pas toujours bonne. En début de saison de pâturage, on retrouve des larves transhivernantes qui ont une forte capacité de ponte, ce qui conduit à des niveaux d'excrétion non négligeables pour une charge parasitaire d'intensité limitée. Inversement, en fin de saison de pâturage, on retrouve une grande majorité de parasites sous forme larvaire qui s'enkystent. Ces derniers ne pondent pas. Le résultat de la coproscopie sera alors faible pour une charge parasitaire élevée.

Le seul moment où la coproscopie est l'examen complémentaire de choix, c'est pour confirmer une suspicion clinique d'ostertagiose de type I. En effet, un grand nombre de vers adultes pondent alors un grand nombre d'œufs retrouvés dans les fèces. De plus l'immunité de l'hôte n'est pas encore assez installée pour diminuer le niveau de ponte.

Tableau I - Interprétation des résultats coproscopiques dans le cadre d'une suspicion de strongylose digestive (Ravinet N., Chauvin A., Chartier C. 2015)

Niveau d'excrétion évalué par coproscopie quantitative (opg)	Interprétation sur l'infestation
Opg < 50	Faible
50 < opg < 500	Moyenne
500 < opg < 2500	Elevée
Opg > 2500	Très élevée

### 1-3-3. Le dosage de pepsinogène sérique

Ce dosage consiste à mesurer la quantité de pepsinogène dans le sang. Le pepsinogène est une pro-enzyme inactive de la pepsine. Il est produit par les cellules zymogènes du fundus. Sous l'action de l'acide chlorhydrique (HCl) produit par les cellules pariétales de l'estomac, le pepsinogène se transforme en pepsine, indispensable pour la digestion protéique.

Les productions de pepsinogène et d'HCl sont toutes deux stimulées par la gastrine. La libération de gastrine est sous contrôle vagal, régulée par le pH et l'état de réplétion de la caillette.

En cas d'atteinte abomasale, comme lors d'une infestation par *O. ostertagi*, les cellules pariétales sécrétant HCl sont remplacées par des cellules indifférenciées non fonctionnelles. On a alors une baisse de l'acidité du milieu gastrique. Il en résulte une augmentation de la production de gastrine et donc de pepsinogène. De plus, ce pepsinogène ne peut être transformé en pepsine en raison de la baisse de production de HCl. Il passe alors dans le sang grâce aux disjonctions des points intercellulaires des cellules dans les glandes gastriques lésées par la présence des parasites. Il en résulte donc une augmentation de pepsinogène dans le système sanguin. Ce marqueur peut être utilisé pour connaître l'étendue des lésions de la caillette (Ravinet et al. 2015).

Cependant les lésions de la caillette ne sont pas seulement dues à une infestation parasitaire. D'autres causes peuvent provoquer une modification du taux de pepsinogène :

- infestation par *Trichostrongylus axei*
- ulcère, dilatation ou simple déplacement de la caillette
- lymphosarcome de la caillette

L'ostertagiose bovine reste tout de même la cause majeure d'augmentation du taux de pepsinogène sanguin pour les jeunes bovins non immuns en fin de première saison de pâturage voire début de seconde saison de pâturage. Son dosage est donc un élément de diagnostic intéressant pour l'ostertagiose bovine (Kerboeuf et al. 1981).

Tableau II - Interprétation des taux de pepsinogène sérique chez les bovins de première et deuxième saison de pâturage selon des seuils très prudents (Ravinet N., Chauvin A., Chartier C. 2015)

Valeurs de pepsinogène sérique (mUTyr)	Interprétation	Commentaires
<b>300 – 600</b>	Valeurs « normales »	Physiologiquement une petite quantité de pepsinogène passe dans le sang, les valeurs normales ne sont pas nulles
<b>600 – 1000</b>	Faible charge parasitaire	Absence de conséquences zootechniques, installation de l'immunité
<b>Autour de 1500</b>	Risque d'ostertagiose de pré-type 2	A la rentrée en stabulation et au cours de l'hiver : les larves sont inhibées, il y a peu de migration, risque de de conséquences zootechniques
<b>2000 – 2500</b>	Risque d'ostertagiose de type 1	Ostertagiose d'été ou de début d'automne, en première et deuxième saison de pâture
<b>3000 – 4000</b>	Risque d'ostertagiose de type 2	Ostertagiose de fin d'hiver-début de printemps, réveil massif des larves en hypobiose et sortie de la muqueuse

#### 1-3-4. Le dosage d'anticorps anti-*O. ostertagi*

Cette analyse a pour principe de mettre en évidence, par une technique ELISA indirecte, la présence d'anticorps anti-*O. ostertagi*, le résultat étant exprimé en ratio de densité optique (RDO). On cherche donc à mettre en évidence de manière indirecte les témoins d'une infestation. Le niveau d'anticorps est un marqueur d'exposition mais pas de charge parasitaire.

On peut faire cette analyse soit sur le lait ou le sang. Cependant, sur le terrain l'analyse sur sérum est très peu courante contrairement à l'analyse sur lait de tank très largement répandue en élevage laitier. Le dosage d'anticorps anti-*O. ostertagi* sur lait de tank est utilisé pour estimer l'exposition des troupeaux en lactation.

Cette méthode montre certaines limites. Sur le sérum, elle n'a pas été standardisée, et l'on ne sait pas précisément quel est le niveau de RDO, donc le niveau d'exposition, pouvant correspondre sur le plan pratique à la nécessité d'un traitement. De plus, il existe des réactions antigéniques croisées avec d'autres SGI comme *Cooperia* et avec la douve (Eysker and Ploeger 2000).

#### 1-3-5. *Parasit'sim* : un système expert pour dénombrer les cycles parasites

La pression d'infestation que subissent les animaux au cours de la saison de pâturage peut être modélisée en calculant le nombre de cycles parasites réalisés. Un exemple de logiciel capable de simuler ces cycles est le système expert *Parasit'sim*.

Ce logiciel calcule les dates d'apparition des générations larvaires successives rencontrées par les animaux. Pour ce faire, Parasit'sim calcule la durée d'un cycle en sommant deux périodes :

- la période prépatente chez l'animal, phase interne du cycle d'une durée fixe de 3 semaines
- la durée du développement œufs-larves sur les pâtures, phase externe du cycle, qui est calculée selon le modèle développé par GRENFELL qui ne dépend que de la température (Grenfell et al. 1987)

Plus le nombre de générations larvaires rencontré par les animaux est élevé, plus la pression d'infestation est élevée.

Cependant, d'autres facteurs indiqués (cf. 1-1-1), peuvent fortement moduler ce recyclage parasitaire : conduite du pâturage, immunité des animaux, périodes de sécheresse/complémentation ainsi que l'utilisation d'éventuels traitements anthelminthiques au cours de la saison de pâturage. Le logiciel est capable de prendre en compte ces paramètres pour ajuster la pression d'infestation calculée.

#### 1-4. Moyens de lutte

L'infestation par les strongles gastro-intestinaux peut être maîtrisée de deux manières qui peuvent être complémentaires : les méthodes chimiques (utilisation d'anthelminthiques) et les méthodes de gestion du pâturage. Le but de ces deux méthodes est de limiter l'infestivité des parcelles et l'infestation des animaux pour éviter les conséquences zootechniques et cliniques et de trop forts impacts technico-économiques de l'infestation.

##### 1-4-1. *Les antihelminthiques*

Aujourd'hui, il existe 3 grandes familles d'antiparasitaires utilisables contre les strongles gastro-intestinaux des bovins en France : Benzimidazoles, Imidazothiazoles (Levamisole) et les lactones macrocycliques. Les caractéristiques de ces 3 familles sont présentées dans le tableau III.

Tableau III - Présentation des 3 familles d'anthelminthiques contre les strongles gastro-intestinaux chez les bovins (Rostang and Puyt 2020)

Familles d'anthelminthiques	Activité de la famille contre :			Voie d'administration	Temps d'action
	L4	L4 enkystée	Adulte		
Benzimidazoles	✓	(✓)	✓	PO seulement	Action non rémanente sauf dispositif à libération séquentielle ou continue (90 jours)
Imidazothiazoles (Lévamisole)			✓	PO, Transcutané, IM	Action non rémanente (1 jour), sauf dispositif à libération continue (90 jours)
Lactones macrocycliques	✓	✓	✓	Transcutané, SC, SC longue action	Action rémanente (14 à 35 jours -jusqu'à 120 jours par la voie SC longue action)

PO = per os ; IM = intramusculaire ; SC = sous-cutané ; , (✓) = activité partielle

Cependant ces traitements doivent être utilisés de manière raisonnée. En effet, une utilisation trop fréquente de ces molécules peut avoir des conséquences négatives (Ravinet et al. 2015):

- forte pression de sélection sur les populations de parasites favorisant l'émergence de parasites résistants aux molécules initialement actives
- impact environnemental des résidus anthelminthiques écotoxiques rejetés dans les matières fécales notamment pour les organismes coprophages (bousiers)
- suppression du contact avec les parasites entraînant un retard sur la mise en place d'une immunité chez les jeunes bovins (surtout lors d'usage des molécules rémanentes ou des bolus).

En agriculture biologique, les éleveurs ont souvent le souhait de limiter le nombre de traitements allopathiques par animaux. Pour gérer le parasitisme au pâturage, ils se tournent donc vers des méthodes plus agronomiques comme la gestion du pâturage pour limiter le recyclage.

#### 1-4-2. Contrôle de l'infestation par la gestion du pâturage

Un des objectifs d'une bonne conduite de pâturage est de limiter la pression d'infestation subie par les animaux, c'est-à-dire la contamination des parcelles par des larves L3.

La conduite du pâturage peut avoir un impact fort sur la façon dont les cycles parasitaires s'enchaînent et donc sur le niveau de contamination des parcelles par des larves L3. Certaines conduites vont être plus ou moins à risque ou protectrices vis-à-vis de l'infestation. Ainsi, lorsque c'est possible, il peut être intéressant d'envisager avec l'éleveur des modifications de la conduite du pâturage permettant un moindre recyclage parasitaire. Ci-dessous est présenté l'impact du pâturage tournant par rapport au pâturage continu.

A la mise à l’herbe, les animaux ingèrent les larves transhivernantes déjà présentes sur la parcelle à leur arrivée. Ils excrètent 21 jours plus tard (phase interne du cycle) les œufs de la première génération larvaire. Les œufs évolueront pour donner la première génération de larves L3 infestantes (GL1). La phase externe du cycle dépendant beaucoup de la température, elle n’aura pas la même durée au cours de la saison de pâturage. Ces larves GL1 seront à leur tours ingérées par les bovins qui excréteront des œufs de seconde génération qui donneront des larves L3 de seconde génération (GL2). Les cycles parasites se succéderont ainsi et s’accumuleront sur les pâtures. Les animaux seront donc exposés à un nombre de larves infestantes grandissant sur la pâture. La pression d’infestation augmentera alors.

Cependant l’enchaînement des cycles parasites est modulé par la conduite de pâturage.

**En pâturage continu** (cf. figure 4), les animaux ont accès à une parcelle entière sur laquelle ils paissent tout au long de la saison de pâturage. Dans ce système, les cycles parasites se succèdent sans obstacle tout au long de la saison. Les animaux excrètent les œufs de la génération (n+1) trois semaines après avoir ingéré les larves de la génération n.

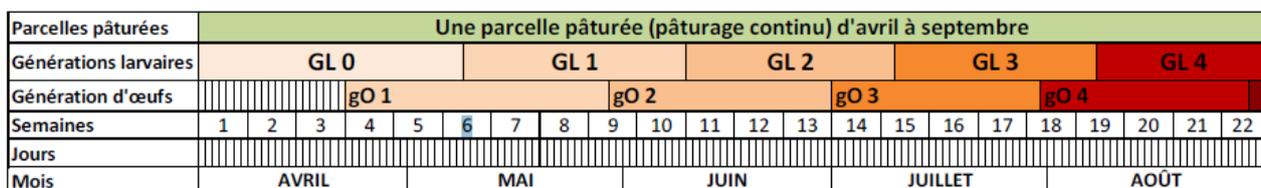


Figure 4- Succession des cycles parasites et générations larvaires dans le cas de pâturage continu pour des bovins de première saison de pâturage (Merlin 2017)

**En pâturage tournant** (cf. figure 5), la surface totale de la pâture est scindée en différentes parcelles sur lesquelles les animaux pâturent plusieurs jours avant de changer de parcelle. Avec un tel système, la pression d’infestation augmente moins vite car il faut plus de temps avant que les animaux ne soient en contact avec la génération larvaire suivante (Ravinet et al. 2019).

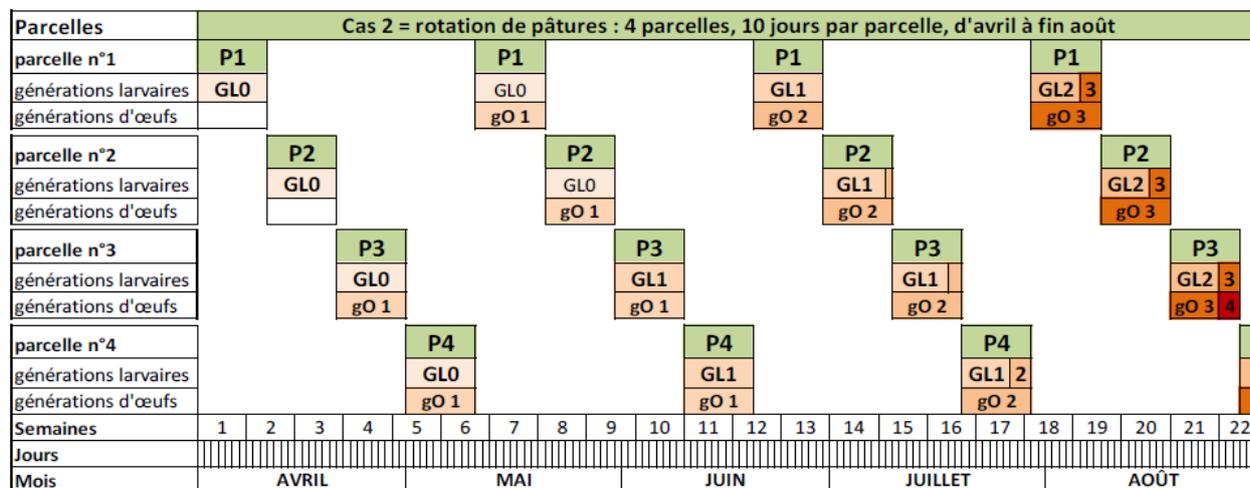


Figure 5 - Succession des cycles parasites et générations larvaires dans le cas de système de rotation de pâture (4 pâtures, rotation tous les 10 jours) pour des bovins de première saison de pâturage (Merlin 2017)

#### 1-4-3. *Contrôle par la stratégie de l'effet de dilution*

La stratégie de dilution vise à diminuer la contamination globale d'une parcelle par les larves infestantes en utilisant simultanément ou de manière successive des animaux sensibles et des animaux faiblement contamineurs (excrétant peu d'œufs) de même espèce ou d'espèces différentes (Chartier 2000).

##### *Mélange de génisses de première et de deuxième saison de pâturage :*

Des études menées au Danemark et en Lituanie (Nansen et al. 1990; Šarkunas et al. 2000) ont montré que l'association de génisses de première et de seconde saison de pâturage diminuait le challenge parasitaire des premières saisons de pâturage ainsi que l'apparition de signes cliniques d'ostertagiose chez ces génisses. En effet, les animaux de seconde saison de pâturage auraient un effet assainissant sur les parcelles avec une ingestion de larves importante mais un recyclage parasitaire diminué.

##### *Mélange d'ovins et de bovins contre l'infestation par *O.ostertagi* des bovins :*

L'objectif d'utilisation de plusieurs espèces de ruminants est d'identifier un « cul-de-sac épidémiologique », dépendant de la capacité des SGI à passer ou non d'une espèce à une autre. Une telle conduite diffère donc selon la spécificité de l'hôte du parasite. Or selon Morley and Donald (1980), le niveau de transmission croisée d'*O.ostertagi* entre ovins et bovins est très faible. De plus, la reproduction de *O.Ostertagi* est négligeable chez les ovins. Le pâturage mixte bovin-ovin semble être une solution pour limiter le risque parasitaire lié à *O. ostertagi*.

Cependant cet effet assainissant ne serait qu'éphémère selon Bairden et al (1995). En effet, au bout de 4 ans d'alternance entre pâturage d'ovins et de bovins, les niveaux d'infestations des veaux ayant alterné avec des ovins sont équivalents aux niveaux de veaux n'ayant pas alterné.

## 2. Particularités de l'infestation par les SGI chez les veaux élevés sous nourrices

### 2-1. Le système d'élevage sous nourrices

Depuis quelques années, de nouveaux systèmes d'allaitement en troupeau laitier sont apparus en France notamment en agriculture biologique. Ces nouveaux systèmes impliquent des vaches adultes qui peuvent être la mère du veau qui allaite son propre veau ou une autre vache laitière, appelée nourrice, allaitant un ou plusieurs veaux à la fois. Il existe une grande diversité de pratiques (Krohn 2001).

#### 2-1-1. Les grandes étapes de la conduite de veaux sous nourrices

Peu d'études ont été menées concernant la description des étapes de l'élevage des veaux sous nourrices. Une seule étude de Coquil et al. (2017) décrit les 6 phases de mise en œuvre de l'élevage des veaux sous nourrices étalées sur 10 mois en élevage biologique :

**Première étape :** Nécessité d'avoir des vêlages groupés pour obtenir des lots de 3 à 4 veaux d'âges proches à mettre sous une même nourrice. Ceci est facilité par une saison de vêlage courte : de 1 à 2 mois.

**Deuxième étape :** Allaitement colostrale sous la mère de minimum 24 heures pour une bonne acquisition immunitaire et une stimulation du comportement maternel si la vache en question est destinée à être une nourrice. D'autre part, cette phase permet de synchroniser l'adoption de 3 veaux à la fois par une vache nourrice. En effet, cette phase peut être plus ou moins longue en fonction du déroulement des vêlages groupés : par exemple, cette phase peut être allongée le temps qu'un 3<sup>ème</sup> veau naisse pour former le groupe à faire adopter par la même nourrice.

**Troisième étape :** Séparation du veau et de sa mère biologique. Cette étape est importante si la mère est destinée à être une nourrice pour d'autres veaux. En effet, en la séparant de son veau biologique, on évite qu'elle favorise son veau au sein du lot de veaux adoptés et rejette les veaux adoptés. De plus, la vache est isolée afin de développer un manque maternel pour faciliter l'étape suivante qui est celle de l'adoption.

Parallèlement, pour favoriser l'attrait d'une mamelle autre que celle de leur mère biologique, les veaux adoptés sont mis à la diète les 24 heures précédant l'adoption.

**Quatrième étape :** La phase dite d'adoption où 3 veaux d'âges similaires sont introduits sous une nourrice durant une quinzaine de jours dans une case isolée. C'est la phase la plus difficile de l'élevage sous nourrice. Au besoin, la nourrice peut être bloquée pour permettre aux jeunes animaux de téter en sécurité.

**Cinquième étape :** Mise à l'herbe des veaux avec leurs nourrices. Cette étape peut se faire en un ou deux temps. Soit les nourrices et les veaux sortent en même temps, soit les nourrices sont mises à l'herbe seules durant une journée et rentrent le soir, puis les nourrices accompagnées des veaux sortent tous ensemble le lendemain.

**Sixième étape** : Sevrage des veaux vers l'âge de 10-11 mois, ce qui correspond en général à la rentrée en bâtiment. Le sevrage lacté se fait progressivement au pâturage. Les veaux sont soit complètement isolés dans un bâtiment différent de celui des nourrices, soit ils sont dans une case adjacente, permettant la fin du sevrage lacté. Puis ces veaux iront dans un autre bâtiment pour un sevrage dit social lorsque les nourrices reviendront dans le troupeau laitier.

Il existe une multitude de systèmes utilisant des nourrices. Ils diffèrent selon plusieurs critères :

- séparation immédiate de la mère ou courte période d'allaitement sous la mère
- présence ou non d'allaitement artificiel entre la séparation de la mère et l'adoption par la nourrice
- maintien de la traite mécanique de la nourrice durant la période d'allaitement

#### 2-1-2. *Conséquences sanitaires et zootechniques sur les nourrices*

##### a. Production laitière :

L'allaitement aurait un effet positif sur la production laitière des nourrices. En effet, selon Bar-Peled et al. (1995), la tétée des veaux a une action plus importante que la traite mécanique sur la décharge d'hormones lactogènes comme l'ocytocine ou la prolactine. On a alors une meilleure vidange de la mamelle.

##### b. Santé mammaire :

L'allaitement de plusieurs veaux par une seule et même nourrice a des effets controversés sur la santé mammaire selon les études qui s'y sont intéressées.

D'une part, certains auteurs ont observé une diminution de l'incidence des mammites pendant la période d'allaitement (Krohn 2001). La vidange plus poussée de la mamelle par la tétée des veaux préserverait cette dernière des mammites.

D'autre part, on observerait plus de lésions au niveau des trayons de vaches allaitant 3 ou 4 veaux en comparaison à des vaches n'ayant que 2 veaux à allaiter ou celles traitées mécaniquement (Thomas GW 1981).

##### c. Reproduction :

La période d'anœtrus post-partum serait plus importante pour les vaches allaitant des veaux mais seulement si l'allaitement a été prolongé (Krohn 2001).

Il a été observé que cet anœtrus post-partum augmentait de 6 jours pour chaque semaine supplémentaire d'allaitement (Thomas et al. 1981).

#### 2-1-3. *Conséquences zootechniques sur les veaux*

##### a. Croissance :

Une étude menée dans une ferme expérimentale INRAE à Mirecourt a montré que le GMQ des veaux élevés sous nourrices au pâturage était plus élevé que celui des veaux élevés en système conventionnel au Distributeur Automatique de Lait (DAL) (Brunet et al. 2016). Cette différence est exposée dans le tableau IV ci-dessous :

Tableau IV - Poids et GMQ des veaux depuis leur naissance (Brunet et al. 2016)

	Veaux sous nourrices (n = 9)	Veaux aux DAL
Jour moyen de naissance	26 janvier	21 janvier
Poids moyen de naissance (kg)	41,3 (± 6,9)	42,3 (± 4,5)
Poids moyen au 10 mai (kg)	128 (±15)	107 (±13)
<b>GMQ depuis la naissance (g/j)</b>	<b>832 (±109)</b>	<b>594 (±84)</b>

De nombreuses observations d'éleveurs pratiquant cette technique d'élevage confirment cette meilleure croissance des veaux élevés sous nourrices, de l'ordre de 40 kg supplémentaires de poids vif à 6 mois (Pailler 2013).

Toutefois cette différence de GMQ entre système conventionnel et système sous nourrices serait surtout visible lors des premiers mois de vie (Wagenaar and Langhout 2007).

#### b. Age au premier vêlage :

L'âge moyen au premier vêlage serait plus faible dans les élevages pratiquant l'allaitement des génisses de renouvellement sous nourrices (Langhout and Wagenaar 2006). L'objectif d'un vêlage à 24 mois est plus facilement atteint. Ces observations confirment ce qu'une étude plus ancienne a aussi montré. Bar-peled et al (1997) ont montré que l'âge au premier vêlage était plus avancé chez les animaux élevés sous nourrices au cours de leurs 6 premiers mois de vie (Bar-Peled et al. 1997).

Cependant, la mise à l'herbe des veaux avec leurs nourrices implique un contact précoce avec les parasites de pâturages comme les strongles gastro-intestinaux. La dynamique d'infestation de ces veaux pourrait être très différente de celle observée chez des veaux élevés en système conventionnel où les veaux de première saison de pâturage sont mis au pâturage seuls (sans vache adulte). La présence d'animaux d'âges différents sur les mêmes parcelles peut avoir un impact important sur l'épidémiologie des parasites internes.

#### 2-2. Conséquences du système de veaux sous nourrices sur l'infestation des veaux par les strongles gastro-intestinaux

Une étude récente s'est intéressée à l'infestation des veaux élevés sous nourrices par les strongles gastro-intestinaux en première saison de pâturage (Leligois 2019).

Dans cette étude, 38 lots de veaux laitiers sous nourrices de 30 élevages bovins laitiers ont été suivis (2 à 3 veaux par nourrice). La mise à l'herbe était plutôt précoce (21 jours en moyenne pour les veaux de printemps et 29 jours pour les veaux d'automne). La durée de pâturage était autour de 7 mois pour les vêlages de printemps et de 5 mois pour ceux d'automne.

Les veaux de printemps ont été sevrés vers l'âge de 7 mois. Cela correspondait pour la plupart à la rentrée en bâtiment. Si le sevrage avait lieu en cours de saison de pâturage, les génisses étaient séparées des nourrices lors d'une rentrée en bâtiment en cours de saison et ressortaient seules pour finir la saison de pâturage. Les lots d'automne ont été sevrés à l'âge de 6 mois en bâtiment.

La gestion du pâturage montrait une très grande diversité. Cependant, le pâturage était généralement tournant.

Dans ces conditions, les valeurs de pepsinogène sérique de ces lots étaient plutôt faibles avec une moyenne de 1,1 UTyr, ce qui est bas comparées aux repères connus pour des lots de génisses pâturant seules sans nourrice (cf. tableau V).

Tableau V - Niveau de pepsinogène sérique en fin de première saison de pâturage sur des génisses laitières élevées classiquement (c'est-à-dire ayant pâturé seules) : synthèse des résultats issus de diverses publications scientifiques

Références	Méthode de dosage de pepsinogène sérique utilisée	Effectif	Age à la mise à l'herbe (mois)	Période de pâturage	Niveau moyen de pepsinogène en fin de 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage (UTyr)
(Šarkunas et al. 2000)	Ross et al (1967)	1 lot 10 animaux	6,5	Mai à Septembre (4 mois)	2,9
(Larsson et al. 2006)	Dorny et al (1998)	3 lots 30 animaux	7	Mai à octobre (6 mois)	3,7
(Merlin 2017)	Kerboeuf et al (2002)	9 lots 268 animaux	7	Mai à Novembre (6 mois)	2
(Froger 2015)	Kerboeuf et al (2002)	13 lots 312 animaux	7,8	Mai à Novembre (6 mois)	1,9

Parallèlement, l'excrétion fécale mesurée par coproscopie montrait des niveaux modérés avec une moyenne de 130 œufs par gramme de fèces.

Ces résultats pourraient s'expliquer par un effet de dilution lié à la présence des nourrices. En effet, ces animaux adultes déjà immunisés contre les strongles gastro-intestinaux ingèreraient un grand nombre de larves infestantes mais n'excréteraient qu'une faible quantité d'œufs. Les nourrices exerceraient donc un effet assainissant des parcelles. Ainsi les veaux seraient soumis à une moins forte pression parasitaire. De plus, les veaux ne sont pas encore totalement sevrés. Ils boivent surtout du lait à la mamelle des nourrices. Les veaux sont donc moins amenés à ingérer de l'herbe et par conséquent moins exposés aux larves infestantes présentes sur la parcelle.

L'élevage des veaux sous nourrice se rapproche par son fonctionnement du système allaitant. Or, cet effet de dilution est aussi observé dans un tel système. Des études menées sur des génisses allaitantes de première saison de pâturage élevées sous la mère rapportent que les animaux adultes en consommant la majeure partie de l'herbe tout en excréant un nombre réduit d'œufs diminuaient l'influence des veaux sur les charges larvaires des pâturages (Michel et al. 1972 ; O'Shaughnessy et al. 2015).

Avec un tel système, on peut alors se poser plusieurs questions concernant la mise en place de l'immunité concomitante contre les strongles gastro-intestinaux. En système conventionnel, cette immunité se met en place en première saison de pâturage et est souvent

considérée comme acquise en cours de seconde saison de pâturage, à condition que le contact ait été suffisant en première saison. On peut donc se demander si le contact avec les parasites de ces génisses élevées sous nourrices est suffisant pour la bonne mise en place d'une immunité concomitante. Est-ce que ces animaux sont capables de trouver un équilibre hôte-parasite grâce à leur immunité et ainsi contrôler la pression d'infestation en seconde saison de pâturage ?

### 3. L'infestation par les strongles gastro-intestinaux chez des génisses de seconde saison de pâturage

Lors de leur seconde mise à l'herbe, les bovins ne sont plus naïfs face aux strongles gastro-intestinaux. En effet ces derniers ont déjà commencé à développer une immunité concomitante contre ces parasites en première saison de pâturage. Toutefois, la majorité des études s'intéressant à l'infestation par les SGI chez les génisses de renouvellement sont conduites chez des animaux de première saison de pâturage, les données étant donc plus rares chez des animaux de seconde saison de pâturage. Cette partie vise à synthétiser les données relatives aux marqueurs classiques de l'infestation disponibles pour ces animaux en seconde saison de pâturage.

#### 3-1. L'excrétion fécale : en constante diminution ou stabilité à un faible niveau

L'immunité concomitante contre l'infestation par les SGI s'installe de manière séquentielle (cf. 1-2-3). La première manifestation de cette immunité concerne les vers adultes : la taille des vers diminue ainsi que leur fécondité, ce qui induit une diminution de l'excrétion des œufs dans les fèces.

Cette baisse puis la stabilité de l'excrétion à des niveaux très bas (< 50 opg) chez les génisses de seconde saison de pâturage a été observée dans toutes les études concernant le suivi parasitaire de ces génisses de seconde saison. Ces taux atteignaient parfois les limites de la sensibilité de la méthode utilisée (Borgsteede et al. 1985 ; Claerebout et al. 1998). Cette baisse/stabilité à des niveaux bas est différente de l'excrétion des génisses de première saison de pâturage qui est caractérisée par un pic 1 à 3 mois après la mise à l'herbe (Dudley and Smith 2020; Höglund et al. 2013).

Une autre observation a été faite à plusieurs reprises concernant l'excrétion fécale. Il est rapporté qu'en première saison après différenciation des larves par culture fécale, *Cooperia oncophora* se retrouve dans de plus grandes proportions en première saison de pâturage que *Ostertagia ostertagi*. Cette tendance s'inverse en seconde saison de pâturage où *O.ostertagi* devient majoritaire (Eysker et al. 2000; Nansen et al. 1990; Šarkunas et al. 2000). Ce phénomène s'explique par une différence d'installation de l'immunité entre espèces de SGI : l'immunité anti-*Cooperia* s'installe plus vite que l'immunité anti-*Ostertagia*, avec un contrôle de l'excrétion d'œufs de *Cooperia* qui apparaît donc clairement en seconde saison de pâturage (Borgsteede et al. 1985).

#### 3-2. La contamination des parcelles

Le suivi du nombre de larves infestantes présentes sur les parcelles pâturées par les génisses permet de donner une indication sur le recyclage parasitaire ainsi que l'évolution du niveau de contamination des parcelles par les L3.

Le niveau de contamination des parcelles pâturées par des génisses de seconde saison de pâturage est souvent plus bas que celui observé sur les pâturages utilisés par des génisses de première saison. Deux études ont mené une comparaison entre des parcelles utilisées par des génisses de première et/ou de deuxième saison de pâturage : une parcelle a été attribuée à 3

lots d'effectifs égaux constitués de (i) génisses de première saison de pâturage seules (ii) un mélange de génisses de première et de deuxième saison de pâturage (iii) génisses de seconde saison de pâturage seules. Le nombre de larves infestantes était plus élevé dans les parcelles utilisées par les génisses de première saison de pâturage seules, montrant un plus fort recyclage parasitaire exercé par ces animaux par rapport aux génisses de seconde saison (Nansen et al. 1990; Šarkunas et al. 2000).

### 3-3. Le dosage de pepsinogène sérique

Le dosage de pepsinogène sérique des génisses de seconde saison de pâturage que ce soit en système allaitant (Gibe 2006; Miraton 2008; O'Shaughnessy et al. 2014) ou en système laitier montre des valeurs de pepsinogène plutôt basses, à des niveaux dits sub-cliniques selon les différentes méthodes de dosage utilisées (cf. tableau VI).

En comparaison à des premières saisons de pâturage, les valeurs de pepsinogène sanguin sont plus faibles chez les génisses de seconde saison (Nansen et al. 1990; Šarkunas et al. 2000).

Les augmentations des niveaux de pepsinogène sanguin observées chez les génisses au cours de la seconde saison de pâturage pourraient trouver plusieurs origines selon des auteurs différents :

- hyperréactivité de la caillette due à des dommages persistants (Chalmers 1983)
- réaction allergique en réponse à une nouvelle absorption de larves (Armour et al. 1979)

En début de seconde saison de pâturage, on peut trouver des valeurs de pepsinogène élevées qui peuvent s'expliquer par une nouvelle exposition aux L3 transhivernantes présentes sur les pâtures dès la mise à l'herbe des génisses et/ou la reprise des stades larvaires hypobiotiques (Larsson et al. 2011; Satrija et al. 1996).

Tableau VI - Niveau de pepsinogène sérique en fin de seconde saison de pâturage sur des génisses laitières élevées classiquement (c'est-à-dire ayant pâturé seules en première saison de pâturage) : synthèse des résultats issus de diverses publications scientifiques

Etude	Méthode de dosage du pepsinogène utilisée	Effectif	Historique d'exposition aux SGI en 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage	Traitement effectué au cours de la 2 <sup>nd</sup> saison de pâturage	Niveau moyen de pepsinogène en fin de 2 <sup>nd</sup> saison de pâturage	Interprétation
<b>(Larsson et al. 2011)</b>	(Dorny and Vercruysse 1998)	4 lots 10 génisses par lot	<b>Lot A</b> : pâturage tournant <b>Lot B</b> : supplémentation en fourrage et concentrés <b>Lot C</b> : non traité <b>Lot D</b> : traité à la Doramectine toutes les 4 semaines	Pas de traitement. Les 4 lots sont tous regroupés dans le même lot en seconde saison de pâturage	Entre 1,8 et 2,5 UTyr	Niveau de pepsinogène considéré comme faible quel que soit l'historique d'exposition en 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage
<b>(Šarkunas et al. 2000)</b>	(Ross et al. 1967)	1 lot 10 génisses	Pâturage continu	-	Autour de 1 UTyr	Niveau de pepsinogène considéré comme faible
<b>(Nansen et al. 1990)</b>	(Ross et al. 1967)	1 lot 6 génisses	Pâturage continu	Traitement à la mi saison avec produit non rémanent (Levamisole 7,5 mg/kg)	Autour de 1 UTyr	Niveau de pepsinogène considéré comme faible
<b>(Eysker et al. 2000)</b>	(Dorny and Vercruysse 1998)	4 lots 6 génisses par lot	<b>Lot A - infestation nulle</b> = pas de mise à l'herbe <b>Lot B - infestation très faible</b> = Fenbendazole 5 mg/kg en juillet et août <b>Lot C - infestation faible</b> = Fenbendazole 5 mg/kg en juillet avec pâturage tournant <b>Lot D - infestation modérée</b> = pâturage continu	Les 4 lots sont tous regroupés dans le même lot en seconde saison de pâturage	1,7 à 2,3 UTyr	Niveau de pepsinogène considéré comme faible quel que soit l'historique

### 3-4. Le dosage d'anticorps anti-*Ostertagia*

Il est important de rappeler que le taux d'anticorps anti-*Ostertagia* est un marqueur d'exposition mais pas de charge parasitaire. Ce marqueur parasitaire pris en considération seul est difficile à interpréter. Il est nécessaire, lors de l'analyse, de l'accompagner d'autres marqueurs comme la contamination larvaire des parcelles ou d'un dosage de pepsinogène sérique. Les études qui s'intéressaient au dosage d'anticorps des génisses de seconde saison de pâturage n'ont jamais interprété le niveau d'anticorps seul car peu informatif.

L'étude de Gasbarre et al. (1993) s'est particulièrement intéressée à la réponse en anticorps anti-*Ostertagia* et anti-*Cooperia* (cf. figure 6 ci-dessous). Dans son étude, de la même manière que dans celle de Nansen et al (1990) et de Šarkunas et al (2000), Gasbarre et al (1993) ont suivi 3 lots de pâturage différents : (i) génisses de première saison de pâturage seules (ii) mélange de génisses de première et de deuxième saison de pâturage (iii) génisses de seconde saison de pâturage seules. Il est ressorti de cette étude que le niveau en anticorps anti-*Cooperia* en fin de saison de pâturage des génisses de première saison de pâturage était équivalent au niveau d'anticorps des génisses de seconde saison de pâturage, celui-ci restant assez constant tout au long de la saison de pâturage. Concernant les anticorps anti-*Ostertagia*, on observe une croissance du taux d'anticorps chez les génisses de première saison que l'on ne retrouve pas chez les génisses de seconde saison de pâturage. La réponse des veaux de la première saison était plus faible et tardive contre *O.ostertagi*.

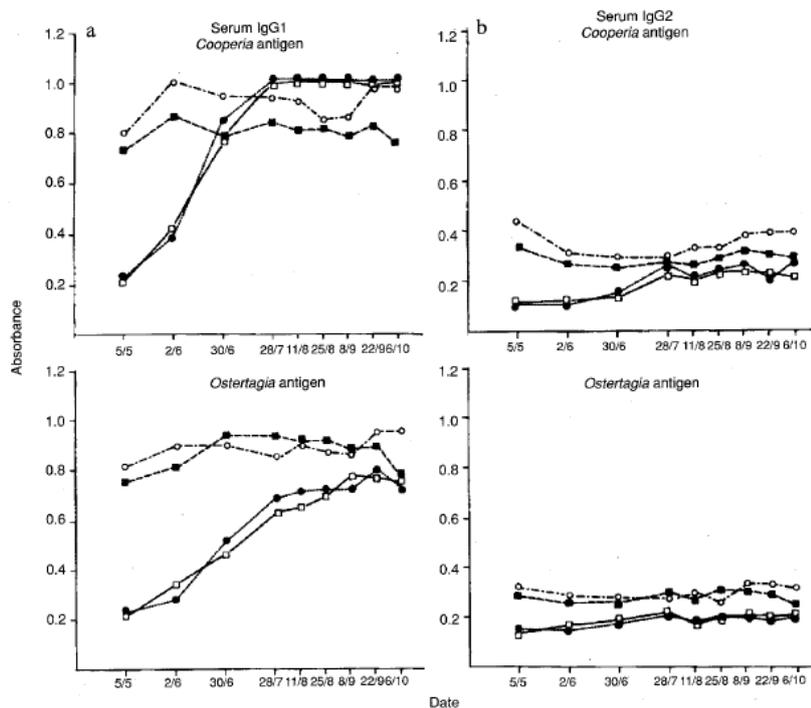


FIG 1: Serum anti-*Cooperia* and anti-*Ostertagia* antibody responses of first-season calves grazed separately (□—□) or together with second season calves (●—●), and second season calves grazed separately (■—■) or together with first season calves (○—○). Results are expressed as the mean absorbance value (n = six animals). (a) Serum IgG1, (b) Serum IgG2

Figure 6 - Résultats de l'étude de Gasbarre et al (1993) comparant la réponse en anticorps anti-*Cooperia* et anti-*Ostertagia* entre génisses de première et de seconde saison de pâturage

De plus, Gasbarre et al (1993) ont noté que les niveaux d'anticorps sériques à la mise à l'herbe des génisses de seconde saison de pâturage étaient similaires aux niveaux d'anticorps observés chez les génisses de première saison de pâturage à la fin de la saison. Il semblerait que ces taux d'anticorps n'aient pas diminué de manière significative lors de la rentrée en bâtiment des génisses entre leur première et seconde saison de pâturage. Étant donné la demi-vie relativement courte des immunoglobulines circulantes et l'absence de nouveau contact avec des larves lors de la rentrée en bâtiment en hiver, ces résultats peuvent refléter une stimulation continue du système immunitaire par des parasites adultes résiduels ou des larves infestantes (L3) entrées en hypobiose.

## Deuxième partie : Etude personnelle

## 1. Contexte et objectifs

Dans un contexte de forte attente sociétale d'un élevage plus respectueux du bien-être animal, et pour être davantage en accord avec les principes de l'agriculture biologique (L'agriculture 2008), quelques éleveurs de bovins laitiers ont développé une nouvelle méthode d'élevage des veaux : ils ont expérimenté la conduite des veaux laitiers sous vaches nourrices en système pâturant, permettant ainsi aux veaux de conserver une alimentation lactée à la mamelle jusqu'à leur sevrage ainsi qu'un lien social avec des vaches adultes qui se rapproche du lien mère-veau (Krohn 2001). Les veaux ainsi conduits ont d'abord une phase avec leur mère de quelques jours, puis sont placés avec une vache nourrice pour l'adoption (à raison de 2 ou 3 veaux en moyenne par nourrice). Une fois l'adoption réussie, ces veaux sont mis à l'herbe précocement avec leur nourrice (30 jours d'âge à la mise à l'herbe en moyenne) formant ainsi des lots au pâturage constitués de veaux et de vaches adultes (cf. 2-1-1).

Un impact positif de cette conduite sur la santé globale et les performances des veaux a été observé (Brunet et al. 2016) (cf. 2-1-3). Mais ces travaux n'abordaient pas les troubles sanitaires de manière précise. Il n'y avait aucune donnée sur les infestations parasitaires majeures des jeunes bovins au pâturage, notamment l'infestation par les strongles gastro-intestinales (SGI). Or, cette conduite des veaux laitiers sous vaches nourrices au pâturage implique (i) une mise à l'herbe précoce, (ii) une première saison de pâturage des veaux avec des animaux adultes, soit un mélange de catégories d'âge, (iii) une alimentation lactée avec une augmentation progressive de la part d'herbe ingérée. Tous ces facteurs peuvent influencer la pression d'infestation par les strongles digestifs à laquelle les veaux sont soumis.

Dans le cadre d'une thèse vétérinaire (Leligois 2019) et d'une thèse d'université (Constancis 2021, en cours, soutenance prévue en septembre 2021), des travaux ont été conduits pour évaluer l'infestation par les SGI chez ces veaux élevés sous nourrices. Ces études indiquent que malgré une première saison de pâturage longue, les veaux sous nourrices présentaient globalement de faibles niveaux d'infestation par les SGI (Constancis et al. 2020). Ceci s'expliquerait notamment par un effet de dilution lié à la présence d'animaux adultes immuns : ces vaches adultes ingèrent les larves infestantes présentes dans l'herbe mais rejettent peu d'œufs, ce qui diminue globalement la pression d'infestation pour les veaux sur les parcelles (Leligois 2019).

Or, l'installation de l'immunité concomitante contre les SGI est liée à la durée et à l'intensité du contact avec les larves (cf. 1-2-3), et est le plus souvent acquise en cours de 2<sup>ème</sup> saison de pâturage dans les systèmes classiques où les veaux pâturent seuls (sans nourrice) en 1<sup>ère</sup> saison (Claerebout et al. 1998). On peut donc se demander si la diminution du contact avec les parasites chez les veaux élevés sous nourrices pourrait avoir un impact sur l'installation de l'immunité contre les SGI et donc influencer, en 2<sup>ème</sup> saison de pâturage, l'infestation des génisses issues de ces lots sous nourrices. De plus, l'infestation de ces génisses en 2<sup>ème</sup> saison pourrait être variable en fonction (i) de facteurs liés à leur conduite l'année précédente (quand elles étaient veaux sous nourrices) et/ou (ii) de facteurs liés à leur conduite de l'année en cours (alors qu'elles sont en 2<sup>ème</sup> saison de pâturage). En effet, on peut faire l'hypothèse que certains éléments de conduite des veaux varient d'un élevage à l'autre ou d'un lot à l'autre

(ex : nombre de veaux par vache nourrice, date de sevrage, durée de la 1<sup>ère</sup> saison...) aient des conséquences sur l'infestation des génisses sevrées et qui pâturent pour la 2<sup>ème</sup> fois.

Cette étude a donc pour objectifs :

- **Premier objectif : Décrire l'infestation par les strongles gastro-intestinaux en seconde saison de pâturage chez des génisses issues de lots de veaux élevés sous nourrices l'année précédente en première saison de pâturage**
- **Second objectif : Evaluer les variations de cette infestation en fonction des caractéristiques de la conduite en 1<sup>ère</sup> saison (veaux sous nourrices) et en 2<sup>ème</sup> saison (génisses sevrées pâturent sans nourrices).**

## 2. Matériels et méthodes

### 2-1. Echantillon de l'étude

Cette étude menée en 2020 consistait en un suivi parasitaire de génisses en seconde saison de pâturage, génisses qui avaient été élevées sous nourrice lors de leur première saison de pâturage en 2019.

Les génisses suivies avaient été sevrées entre le 20 juin 2019 et l'hiver 2019-2020 et sont donc ressorties au pâturage sans nourrice au printemps 2020.

Au cours de la saison de pâturage 2020, 312 génisses de seconde saison de pâturage issues de 19 élevages bovins laitiers ont été suivies. Les élevages se situaient dans les départements suivants :

- 11 élevages en Loire-Atlantique (44)
- 3 élevages en Ille-et-Vilaine (35)
- 2 élevages dans le Maine-et-Loire (49)
- 1 élevage en Mayenne (53)
- 1 élevage dans l'Orne (61)
- Une ferme expérimentale INRAE à Mirecourt dans les Vosges (88)

Les critères de recrutement des élevages étaient les suivants : éleveurs bovins laitiers en agriculture biologique pratiquant l'élevage des veaux sous nourrices au pâturage avec un effectif minimum de 10 veaux laitiers élevés sous nourrice. Les 19 élevages ainsi inclus en 2020 avaient déjà participé à une étude en 2019 correspondant au suivi de l'infestation par les SGI des veaux sous nourrices en 1<sup>ère</sup> saison de pâturage. La majorité des génisses de seconde saison de pâturage suivies en 2020 avaient donc déjà été suivies en 2019 lors de leur première saison de pâturage.

Les éleveurs ont été contactés *via* différents organismes comme les Groupements des Agriculteurs BIO de Bretagne (GAB) ainsi que celui de Loire-Atlantique, les Chambres d'Agriculture de Bretagne et Pays de la Loire, les vétérinaires partenaires de l'UMR Oniris-INRAE BIOEPAR (Biologie, Epidémiologie et Analyse de Risque en santé animale).

Ces 19 élevages ont été numérotés afin de garder l'anonymat lors de l'analyse des données.

Les 312 génisses incluses étaient distribuées en 34 lots (1 à 4 lots par élevage), la définition d'un lot étant la suivante :

- Au moins 3 animaux
- Animaux ayant pâturés ensemble pendant toute la saison de pâturage 2020
- Animaux homogènes concernant l'historique de pâturage en 1<sup>ère</sup> saison :
  - Moins de 90 jours
  - Entre 90 et 180 jours
  - Entre 180 et 240 jours
  - Plus de 240 jours

Les animaux qui avaient pâturé plus de 180 jours en 1<sup>ère</sup> saison étaient considérés comme des animaux ayant eu une première saison de pâturage longue.

Les lots étaient constitués en moyenne de 9 génisses, avec 12 lots sur 34 ayant un effectif inférieur ou égal à 5 (3 à 5 génisses).

## 2-2. Collecte des données en élevage

Chaque élevage recruté a été visité 3 fois durant la seconde saison de pâturage 2020 des génisses suivies (cf. figure 7) :

- lors de leur mise à l'herbe (P1) : février – mars 2020
- lors de la période estivale (P2) : juin – juillet 2020
- lors de leur rentrée en bâtiment (P3) : novembre 2020 – janvier 2021

Au moment de chaque prélèvement, par faute de contention, tous les animaux n'ont pas pu être prélevés à chaque fois :

- lors de la mise à l'herbe, 293 animaux ont pu être prélevés
- lors de la période estivale, 307 animaux ont pu être prélevés
- lors de la rentrée en bâtiment, 303 animaux ont pu être prélevés

A ces trois points de suivi en seconde saison de pâturage (P1 à P3), s'ajoutait le point P0 qui correspondait au dernier point de suivi de leur première saison de pâturage effectué lors de la rentrée en bâtiment fin 2019 (cf. figure 7) (données récupérées dans les résultats de l'étude de 2019).

En mars 2020, en raison du confinement imposé en France un lot n'a pas pu être suivi, mais il a été intégré au suivi à partir de P2 en juin-juillet 2020.

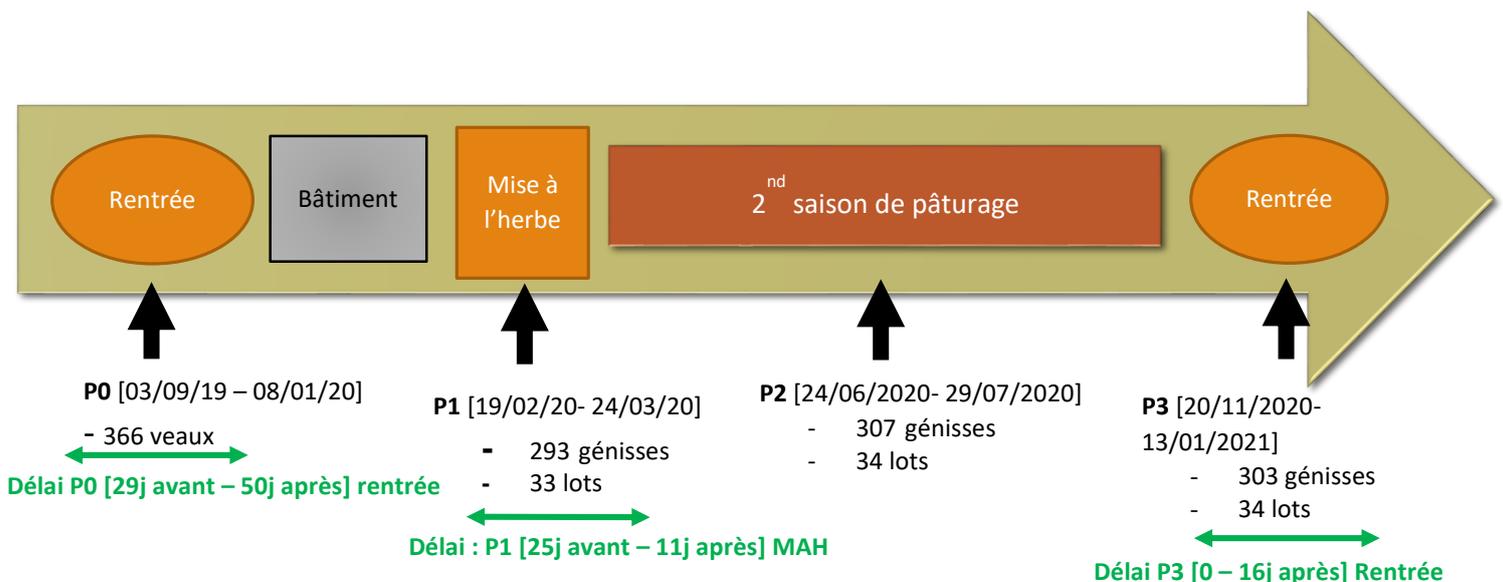


Figure 7 - Frise chronologique du suivi des génisses en seconde saison de pâturage en 2020 : chaque point de suivi est indiqué avec les dates et le nombre d'animaux/lots inclus (MAH = mise à l'herbe)

- remplir un planning de pâturage de chaque lot suivi (rotation de pâtures, complémentation et sécheresse éventuelle).
- enregistrer l'usage éventuel de traitements antihelminthiques

### 2-3. Prélèvements et analyses de laboratoire

#### 2-3-1. Prélèvements effectués

A chaque visite, toutes les génisses ont fait l'objet d'un prélèvement sanguin et d'un prélèvement de matières fécales.

La prise de sang a été faite au niveau de la veine caudale à l'aide d'un tube sec. Les fèces ont été collectées directement dans le rectum à l'aide d'un gant de fouille propre enduit de gel lubrifiant, puis déposées dans un pot individuel et sec. Les prélèvements ont été acheminés au laboratoire de parasitologie de l'Unité Mixte de Recherche BIOEPAR (Oniris-INRAE) dans un délai inférieur à 3 heures.

Les prélèvements sanguins ont été centrifugés (2500 tr/min) puis les sérums ont été aliquotés et congelés (-20°C) jusqu'à leur analyse.

#### 2-3-2. Analyses coproscopiques

Les coproscopies quantitatives ont été effectuées en suivant le principe de la technique Mini Flotac (Cringoli et al. 2017). Toutefois, les fèces n'ont pas été directement mélangées avec la solution saline dans le Fill-Flotac. En effet, les 5g de matières fécales étaient d'abord homogénéisés dans 45 mL d'eau à l'aide d'un Fill-Flotac. Après homogénéisation, 11 mL de cette suspension étaient versés dans un tube de 15 mL et centrifugés à 1300 tr/min pendant 4 minutes. Le surnageant était ensuite éliminé pour être remplacé par de la solution saline. Ensuite, quelques millilitres de cette suspension étaient rapidement prélevés à l'aide d'une pipette en plastique et déposés dans une chambre d'une cellule Mini-Flotac.

Cette première étape de passage dans l'eau avec centrifugation permettait (i) de « nettoyer » les fèces et d'augmenter la facilité de lecture dans la cellule mini-Flotac ensuite (plus grande clarté car moins de débris, ce qui permet d'éviter une trop grande fatigue des yeux en cas de grandes séries de coproscopies), (ii) de conserver les prélèvements sans évolution des œufs en cas de lecture différée (après centrifugation, le culot recouvert d'eau dans le tube de 15 mL placé au réfrigérateur permet une excellente conservation des œufs) (Alain Chauvin, communication personnelle).

### 2-3-3. Dosage du pepsinogène

Un dosage de pepsinogène a été effectué sur chaque sérum à chaque point de prélèvement. Le niveau de pepsinogène sérique est un marqueur de l'état lésionnel de la muqueuse de la caillette, ces lésions étant le plus souvent liées à l'infestation par *Ostertagia* chez des génisses au pâturage (cf. 1-3-3). C'est une technique quantitative. Le protocole de dosage utilisé est celui de l'institut de recherche INRAE (Kerboeuf et al. 2002) présenté en annexe 1.

En bref, le pepsinogène sanguin est transformé en pepsine sous l'action de la chaleur et de l'acidité du milieu. La pepsine ainsi formée est mise en contact avec un substrat riche en acides aminés aromatiques (ici de l'hémoglobine bovine) pendant 22h. Les radicaux aromatiques issus de la dégradation de l'hémoglobine par la pepsine sont alors colorés (réactif de Folin) et la densité optique est lue au spectrophotomètre. Les données obtenues sont ensuite comparées à celles résultant de la coloration d'une gamme étalon de tyrosine qui sert de référence d'acide aminé aromatique. Les résultats sont exprimés en Utyr.

### 2-3-4. ELISA *Ostertagia*

Un dosage d'anticorps anti-*O. ostertagi* a été fait sur chaque sérum à chaque point de prélèvement par technique ELISA (sérum dilués au 1/160) avec le kit SVANOVIR® *O.ostertagi*-Ab ELISA (Svanova Biotech, Uppsala, Sweden).

Les anticorps présents dans le sérum des animaux sont mis au contact d'antigènes bruts d'*O.ostertagi* dans des puits d'une plaque ELISA. Il se crée alors un complexe antigène-anticorps dans le puits. Une fois le complexe formé, la plaque est rincée puis un conjugué contenant des anticorps monoclonaux anti-IgG de bovins et de la peroxydase sont ajoutés.

L'excès de conjugué non lié au complexe anticorps-antigène est éliminé par rinçage avec une solution tampon. Puis un substrat qui change de couleur au contact de la peroxydase est enfin ajouté. C'est ce changement de couleur et donc la densité optique qui sera finalement mesurée. La densité optique du mélange sera donc liée à la quantité d'anticorps initialement présente dans le sérum du bovin. Les résultats sont exprimés sous forme de ratio de densité optique calculé de cette façon :

RDO échantillon = (DO échantillon – DO contrôle négatif) / (DO contrôle positif – DO contrôle négatif)

### 2-3-5. Utilisation du simulateur *Parasit'sim* pour estimer le nombre de cycles parasitaires réalisés dans chaque lot suivi

Le simulateur *Parasit'sim* a été utilisé pour modéliser les cycles parasitaires réalisés dans chaque lot de génisses au cours de la saison de pâturage en fonction du planning de pâturage, des données de températures locales et de la présence ou non d'une sécheresse avec forte complémentation (Merlin 2017; Ravinet et al. 2019) (la prise en compte de chacun de ces paramètres de simulation est décrite ci-dessous). Chaque cycle parasitaire modélisé donnant naissance à une nouvelle génération de larves infestantes sur les pâtures, nous avons enregistré le nombre maximal de générations larvaires rencontrées (GLmax) dans chaque lot suivi (GLmax pouvant être considéré comme un indicateur du challenge larvaire théorique

subi par les génisses). De plus, ces mêmes simulations avaient été conduites l'année précédente dans les lots de veaux sous nourrices dont les génisses suivies sont issues (Constancis 2021). Nous avons donc pu récupérer le GLmax de l'année précédente lorsque les génisses étaient en première saison de pâturage.

Les données suivantes ont été saisies dans Parasit'Sim pour effectuer les simulations et obtenir le GLmax de chaque lot suivi en 2020 en 2<sup>ème</sup> saison de pâturage :

- (i) Les plannings de pâturage remplis par les éleveurs ont été renseignés dans le simulateur.
- (ii) Comme la sécheresse et la complémentation ont un fort impact sur la pression parasitaire subie par les animaux, ces deux variables devaient obligatoirement être intégrées à la simulation. Sur le terrain, ces périodes dites de sécheresse ne sont pas aisément identifiables. Elles doivent être prises en compte dans la modélisation du recyclage parasitaire car (i) la sécheresse tue les larves présentes dans l'herbe et empêche la migration des larves depuis les bouses vers l'herbe, (ii) réduit la pousse de l'herbe, conduit à la complémentation en fourrage au pâturage et donc à une nette diminution de l'ingestion d'herbe et de larves infestantes. Comme il n'est pas possible de déterminer à partir de quel moment les larves sont tuées par la sécheresse et bloquées dans les bouses, nous nous sommes basés sur le point (ii) pour identifier les périodes de sécheresse, à savoir saisir dans le simulateur sur quelle période les animaux ont reçu une importante complémentation (plus de 50% de la ration journalière des animaux).
- (iii) Parasit'sim prend en compte la température journalière dans sa modélisation. Les relevés journaliers pour l'année 2020 ont été récoltés sur le site <http://www.meteofrance.com/climat/france>. Les stations utilisées étaient celles les plus proches de chaque élevage : Angers-Marcé, Saint-Nazaire, Alençon, Rennes, Nantes et Nancy-Ochey pour la station de Mirecourt.
- (iv) Les seuls traitements anthelminthiques administrés aux génisses suivies ont été effectués à la rentrée en bâtiment. Ils n'avaient donc pas d'impact sur le recyclage parasitaire en cours de saison de pâturage, et n'ont donc pas été pris en compte dans la simulation.

## 2-4. Analyses statistiques

### 2-4-1. Description de l'évolution de l'infestation par les SGI au cours de la saison de pâturage à l'échelle du lot

Pour décrire l'infestation des différents lots au cours de la seconde saison de pâturage, trois variables quantitatives sont utilisées correspondant aux 3 marqueurs d'infestation : le niveau d'excrétion d'œufs de SGI dans les fèces (opg), le niveau de pepsinogène sérique (UTyr) et le niveau d'anticorps anti-*Ostertagia* (ODR) (tableau VIIa). Il s'agit de variables à l'échelle du lot : la moyenne arithmétique a été calculée dans chaque lot et à chaque point de prélèvement à partir des données individuelles. L'évolution de ces trois marqueurs d'un point de prélèvement à l'autre a été décrite en fonction de la durée de pâturage en 1<sup>ère</sup> saison (< 90 jours, 90-180 jours, 180-240 jours et > 240 jours).

### 2-4-2. Analyse de la variabilité de l'infestation entre groupes

#### **Variables à expliquer :**

Le niveau de pepsinogène sérique et le niveau d'anticorps mesurés à la rentrée en stabulation (P3) ont été sélectionnés comme les marqueurs d'infestation pertinents pour analyser la variabilité entre groupes (ces indicateurs mesurés en fin de saison de pâturage reflétant les infestations cumulées tout au long de la saison). L'excrétion d'œufs de SGI dans les fèces n'a pas été conservée pour cette analyse car en fin de saison de pâturage (et d'autant plus sur des animaux immunisés), il est connu que le nombre d'œufs excrétés n'est pas bien relié à la charge parasitaire puisque le pourcentage de larves enkystées peut être important.

**Les niveaux de pepsinogène sérique et d'anticorps anti-*Ostertagia*, moyennés à l'échelle du lot, ont donc été retenus comme variables à expliquer et ont été catégorisés en deux classes pour constituer des variables qualitatives (tableau VIIa).**

#### **Variables explicatives :**

Pour cette étude, dix variables explicatives ont été testées pour évaluer s'il s'agissait de facteurs de variations de l'infestation par les SGI des génisses en seconde saison de pâturage. Ces variations pouvant dépendre de facteurs liés à la première saison de pâturage (historique des génisses suivies) comme de facteurs liés à la seconde saison de pâturage (année du suivi), les variables explicatives testées correspondaient à des descripteurs de la conduite ou de l'infestation lors de ces deux saisons.

Variables explicatives relatives à la première saison de pâturage (veaux sous nourrices) (cf. tableau VIIb) :

- La durée de pâturage en 1<sup>ère</sup> saison
- Le temps de contact effectif (TCE1) (cf. 1-2-3) en 1<sup>ère</sup> saison
- Le niveau d'anticorps anti-*Ostertagia* en fin de 1<sup>ère</sup> saison (P0)
- Le niveau de pepsinogène sérique en fin de 1<sup>ère</sup> saison (P0)
- Le nombre maximal de générations larvaires rencontrées en 1<sup>ère</sup> saison (GLmax1)
- Le ratio nombre de veaux/nombre de nourrices en 1<sup>ère</sup> saison

Variables explicatives relatives à la seconde saison de pâturage (année du suivi) (cf. tableau VIIc) :

- La durée de pâturage en 2<sup>nd</sup>e saison de pâturage
- Le temps de contact effectif (TCE2) en 2<sup>nd</sup>e saison
- Le cumul des TCE : TCE1 + TCE2
- Le nombre maximal de générations larvaires rencontrées en 2<sup>nd</sup>e saison (GLmax2)

Pour chacune des deux variables à expliquer, toutes ces variables explicatives ont été testées en tant que variables qualitatives. Les différentes modalités et les seuils définissant ces modalités sont indiqués dans les tableaux VIIb et VIIc.

### **Modèles statistiques utilisés**

Toutes les données ont été analysées avec le logiciel R et interface R Studio version 1.4.1106.

Les variables à expliquer (niveau de pepsinogène sérique par lot et niveau d'anticorps par lot lors de la rentrée en bâtiment) sont de type qualitatif à 2 modalités. **L'analyse de régression logistique binomiale** a donc été choisie.

Pour chacune des deux variables à expliquer, l'approche a été la même. Des modèles de régression logistique binomiale ont été utilisés. Les variables explicatives ont tout d'abord été testées en analyse univariée et celles dont la p-value était  $< 0,20$  ont été conservées pour l'analyse multivariée.

La colinéarité entre les variables sélectionnées pour l'analyse multivariée a été vérifiée à l'aide d'un calcul du facteur d'inflation de la variance (VIF). Les variables dont le VIF était supérieur à 5 ont été exclues du modèle. Toutes les autres variables ont été conservées et incluses dans le modèle multivarié puis sélectionnées selon une procédure de sélection descendante pas à pas avec un seuil de p-value inférieur à 0,05.

La présence de facteurs de confusion a été étudiée en vérifiant que les estimations n'étaient pas modifiées de plus de 20% lorsqu'une variable était retirée lors de la procédure de sélection.

Des odds ratio ont été calculés. L'odds ratio est un rapport de 2 odds. Une des modalités de la variable explicative est prise en référence. Les autres odds ratio sont estimés par rapport à cette modalité de référence pour chaque modalité de chaque variable explicative testée. Lorsqu'un odds ratio est strictement inférieur à 1, le facteur analysé a un effet protecteur. Inversement, si un odds ratio est strictement supérieur à 1, le facteur analysé est considéré comme un facteur de risque. Enfin un odds ratio de 1 correspond à l'absence d'effet du facteur analysé.

Tableau VIIa - Description des variables à expliquer pour analyser la variabilité entre groupes de l'infestation par les strongles digestifs chez des génisses de seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices

Variables	Type de variable dans l'analyse statistique	Modalités	Commentaires concernant le choix du seuil utilisé pour définir les différentes modalités
Niveau moyen de pepsinogène sérique par lot à la rentrée en bâtiment de 2 <sup>nd</sup> e saison de pâturage (P3) (en UTyr)	Variable à expliquer	≤ 2 UTyr > 2 UTyr	Seuil compatible avec un risque d'ostertagiose de type 1 en 1 <sup>ère</sup> ou 2 <sup>nd</sup> e saison de pâturage
Niveau moyen d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> par lot à la rentrée en bâtiment de 2 <sup>nd</sup> e saison de pâturage (P3) (ODR)	Variable à expliquer	≤ 0,8 ODR > 0,8 ODR	Valeur médiane de la distribution du niveau moyen d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> par lot à la rentrée en bâtiment de 2 <sup>nd</sup> e saison de pâturage (P3)

Tableau VIIb - Description des variables explicatives testées relatives à la première saison de pâturage pour analyser la variabilité entre groupes de l'infestation par les strongles digestifs chez des génisses de seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices

Variables	Type de variable dans l'analyse statistique	Modalités	Commentaires concernant le choix du seuil utilisé pour définir les différentes modalités
Durée de pâturage en 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage	Variable explicative d'ajustement	< 180 jours ≥ 180 jours	Une saison de pâturage de moins de 180 jours est considérée comme courte et non propice au développement complet d'une immunité concomitante vis-à-vis des SGI
TCE 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage (TCE1)	Variable explicative d'ajustement	≤ 180 jours > 180 jours	En se basant sur des résultats d'infestation expérimentale, le temps de contact nécessaire à l'immunisation contre les SGI est d'environ 6 mois soit 180 jours.
Niveau moyen d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> par lot à la rentrée en bâtiment de 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage (P0)	Variable explicative d'ajustement	≤ 0,32 ]0,32-0,8] > 0,8	Terciles de la distribution du niveau moyen d'anticorps anti- <i>Ostertagia</i> par lot à la rentrée en bâtiment de 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage
Niveau moyen de pepsinogène sérique par lot à la rentrée en bâtiment de 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage (P0)	Variable explicative d'ajustement	≤ 1,39 UTyr > 1,39 UTyr	Valeur médiane de la distribution du niveau moyen de pepsinogène sérique par lot à la rentrée en bâtiment de 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage
Nombre maximal de générations larvaires rencontrées en 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage (GLmax1)	Variable explicative d'ajustement	≤ 3 > 3	Seuil théorique à partir duquel un risque croissant est identifié par Parasit'sim (= probabilité croissante que l'infestation par <i>O. Ostertagi</i> ait des conséquences subcliniques sur la croissance, voire des conséquences cliniques) chez des génisses non immunes pâturant seules (sans nourrices)
Nombre de veaux par nourrice en première saison de pâturage dans les lots dont sont issues les génisses en 2 <sup>nd</sup> e saison	Variable explicative d'ajustement	< 2 ≥ 2	« 2 » était la valeur permettant d'obtenir des classes équilibrées en terme d'effectifs, et permettant d'espérer un effet de dilution différent entre les deux classes

Tableau VIIc - Description des variables explicatives testées relatives à la seconde saison de pâturage pour analyser la variabilité entre groupes de l'infestation par les strongles digestifs chez des génisses de seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices

Variables	Type de variable dans l'analyse statistique	Modalités	Commentaires concernant le choix du seuil utilisé pour définir les différentes modalités
Durée de pâturage en 2 <sup>nd</sup> e saison de pâturage	Variable explicative d'ajustement	≤ 275 jours > 275 jours	Valeur médiane de la distribution de la durée de pâturage en seconde saison de pâturage pour chaque lot
TCE 2 <sup>nd</sup> e saison de pâturage (TCE2)	Variable explicative d'ajustement	≤ 275 jours > 275 jours	Valeur médiane de la distribution du TCE en seconde saison de pâturage pour chaque lot
TCE cumulé (TCE1 + TCE2)	Variable explicative d'ajustement	≤ 423 jours > 423 jours	Valeur médiane de la distribution du TCE cumulé (TCE1 + TCE2) pour chaque lot
Nombre maximal de générations larvaires rencontrées 2 <sup>nd</sup> e saison de pâturage (GLmax2)	Variable explicative d'ajustement	≤ 3 > 3	Seuil théorique à partir duquel un risque croissant est identifié par Parasit'sim (= probabilité croissante que l'infestation par <i>O. Ostertagi</i> ait des conséquences subcliniques sur la croissance, voire des conséquences cliniques ) chez des génisses non-immunes pâturant seules

### 3. Résultats

#### 3-1. Description de l'échantillon d'étude

En respectant la définition d'un lot énoncée en 2-2 ci-dessus, notre échantillon d'étude était constitué de 34 lots de génisses de seconde saison de pâturage répartis en fonction de la durée de pâturage l'année précédente en 1<sup>ère</sup> saison de la façon suivante :

- 7 lots d'animaux ayant pâture moins de 90 jours en première saison de pâturage
- 9 lots d'animaux ayant pâture entre 90 et 180 jours
- 10 lots d'animaux ayant pâture entre 180 et 240 jours
- 8 lots d'animaux ayant pâture plus de 240 jours

La conduite du pâturage des lots suivis est décrite dans le tableau VIII. Le nombre maximal de générations larvaires rencontrées en seconde saison de pâturage (GLmax2) n'a pu être obtenu que pour 26 lots car pour 8 lots, la simulation avec Parasit'sim n'a pas pu être effectuée. En effet, pour 4 élevages (avec 1 à 3 lots par élevage), le planning de pâturage n'a pu être récupéré car non enregistré par l'éleveur ou réalisé de manière trop approximative pour effectuer une simulation rigoureuse.

Les conduites de pâturage rencontrées étaient assez diversifiées mais étaient presque toutes basées sur le principe du pâturage tournant avec des bovins qui pâturent sur différentes parcelles et y retournent au cours de la saison. Le nombre de parcelles et le temps passé sur chacune d'elles étaient assez variables d'un élevage à l'autre. En moyenne, les systèmes de pâturage utilisaient 19 parcelles différentes [11–28] avec un temps de séjour moyen par parcelle de 7 jours [4–13].

Tableau VIII - Description des lots de l'étude et de leur conduite de pâturage

Durée de pâturage en 1 <sup>ère</sup> saison (2019) (jours)	Nombre de lots suivis en 2020	Date de mise à l'herbe 2020 [min-max]	Rentrée en bâtiment 2020 [min-max]	Durée de pâturage en 2 <sup>nde</sup> saison en jours (moyenne (sd))	Nombre de lots complétés* en cours de saison	Durée de complémentation en jours (moyenne (sd))	GL max en 1 <sup>ère</sup> saison (2019) (moyenne (sd))	GL max en 2 <sup>nde</sup> saison ** (2020) (moyenne (sd))	TCE1 (moyenne) (sd)	TCE 2 (moyenne) (sd)	TCE cumulé (moyenne) (sd)
> 240	8	[01/01/2020 – 02/04/2020]	[20/11/2020 – 13/01/2021]	285 (20)	3	21 (6)	4 (1)	5 (1)	222 (37)	277 (16)	499 (40)
180 – 240	10	[01/01/2020 – 28/03/2020]	[15/11/2020 – 07/01/2021]	276 (27)	3	14 (1)	3 (1)	5 (1)	182 (22)	272 (29)	453 (30)
90 – 180	9	[15/02/2020 – 28/03/2020]	[15/11/2020 – 13/01/2021]	274 (24)	3	14 (10)	2 (1)	5 (1)	95 (23)	270 (26)	365 (30)
< 90	7	[15/02/2020 – 17/04/2020]	[24/11/2020 – 13/01/2021]	279 (35)	2	19 (8)	2 (2)	5 (1)	58 (19)	273 (36)	331 (43)
<b>TOTAL</b>	34	[01/01/2020 – 17/04/2020]	[15/11/2020 – 13/01/2021]	278 (26)	11	17 (7)	3 (1)	5 (1)	143 (69)	273 (26)	415 (74)

\* Lots complétés = apport de fourrage correspondant à plus de 50% de la ration en raison d'une moindre pousse de l'herbe en période de sécheresse estivale (déclaratif de l'éleveur). La quantité d'herbe pâturée devient plus faible que la quantité de fourrage apporté

\*\* GLmax2 n'a pu être obtenu que pour 26 lots sur les 34

### 3-2. Description de l'évolution des 3 marqueurs d'infestation de P0 à P3

#### 3-2-1. Evolution du niveau d'excrétion d'œufs de SGI dans les fèces

L'évolution du niveau d'excrétion moyen d'œufs de SGI dans les fèces en fonction de la durée de pâturage en première saison est présentée dans le tableau IX et la figure 8.

Dans les lots ayant pâture au moins 90 jours en première saison lorsqu'ils étaient veaux sous nourrices, l'intensité d'excrétion d'œufs diminue tout au long de la seconde saison avec des niveaux d'excrétion bas (en moyenne inférieurs à 30 opg) en fin de seconde saison de pâturage.

Cependant pour les animaux ayant pâture moins de 90 jours en première saison de pâturage, cette décroissance n'est pas observée, et au contraire, on observe un pic d'excrétion (111 opg en moyenne) en milieu de seconde saison de pâturage (P2). L'excrétion diminue ensuite pour atteindre un niveau moyen de 51 opg en fin de saison.

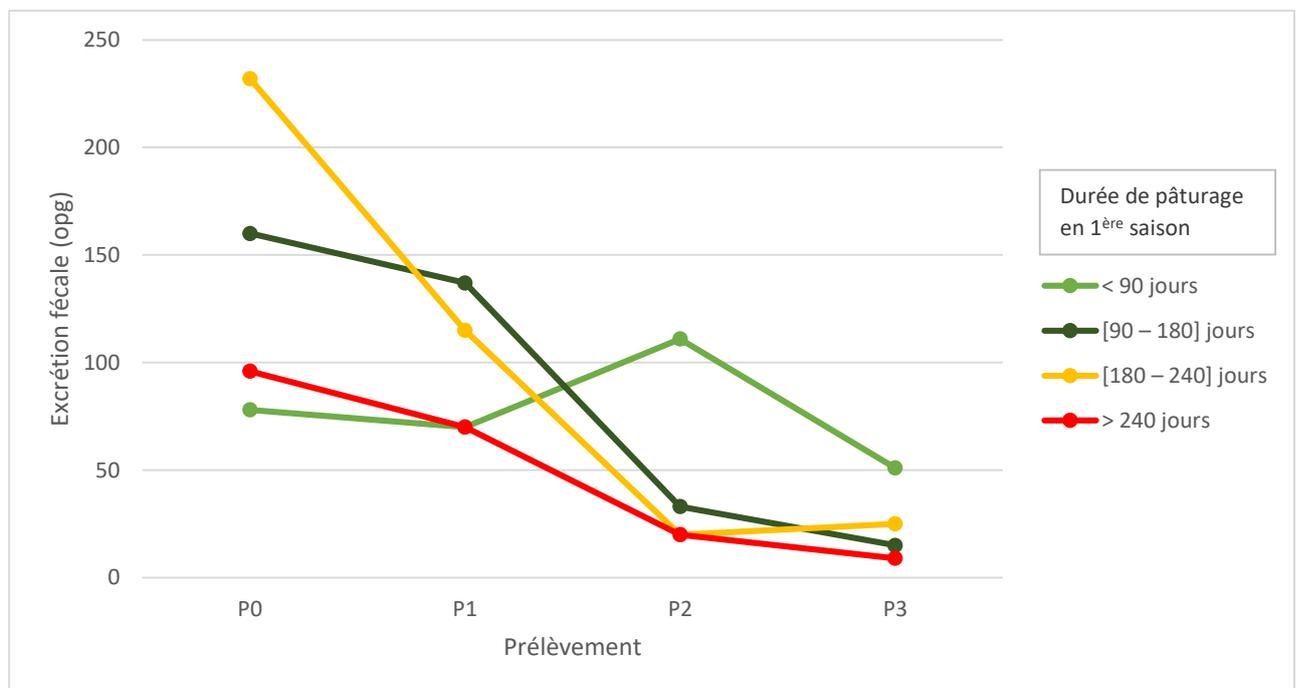


Figure 8 - Evolution de l'excrétion moyenne d'œufs de SGI dans les fèces chez des génisses en seconde saison de pâturage ayant pâture en tant que veaux sous nourrices en première saison. Cette évolution est représentée en fonction de la durée de pâturage en 1ère saison (4 catégories). P0 : point de prélèvement à la rentrée en bâtiment de la 1ère saison de pâturage ; P1 à P3 : points de prélèvement du suivi en seconde saison de pâturage

### 3-2-2. Evolution du niveau de pepsinogène sérique

L'évolution du niveau moyen de pepsinogène sérique en fonction de la durée de pâturage en première saison est présentée dans le tableau IX et la figure 9.

Les valeurs de pepsinogène sérique ont augmenté de manière marquée entre P2 et P3 quelle que soit la durée de pâturage en première saison. Mais on constate qu'une augmentation plus précoce (entre P1 et P2) a eu lieu dans les lots ayant pâturé moins de 90 jours en première saison de pâturage. En fin de seconde saison de pâturage (P3), les valeurs de niveau de pepsinogène étaient toutes élevées ( $\geq 2,2$  UTyr).

De plus, les animaux qui ont le plus pâturé en première saison de pâturage ([180-240 jours] et  $> 240$  jours) ont dès le début de la seconde saison des niveaux de pepsinogène assez élevés (1,8 UTyr dès P1).

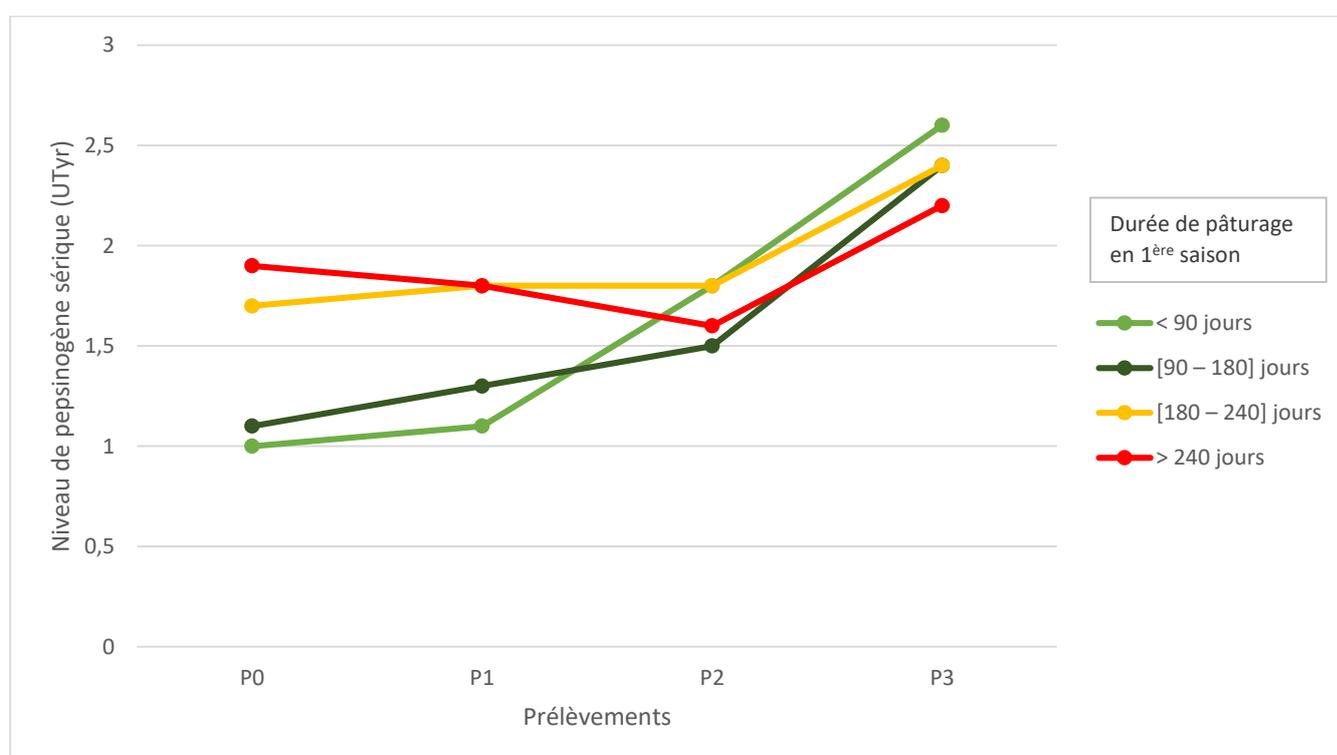


Figure 9 – Evolution du niveau de pepsinogène sérique chez des génisses en seconde saison de pâturage ayant pâturé en tant que veaux sous nourrices en première saison. Cette évolution est représentée en fonction de la durée de pâturage en 1<sup>ère</sup> saison (4 catégories). P0 : point de prélèvement à la rentrée en bâtiment de la 1<sup>ère</sup> saison de pâturage ; P1 à P3 : points de prélèvements du suivi en seconde saison de pâturage

### 3-2-3. Evolution du niveau d'anticorps anti-Ostertagia

L'évolution du niveau moyen d'anticorps anti-Ostertagia en fonction de la durée de pâturage en première saison est présentée dans le tableau IX et la figure 10.

Ces niveaux d'anticorps (ODR) ont suivi deux types d'évolution en fonction de la durée de pâturage en 1<sup>ère</sup> saison :

- Chez les génisses ayant pâTURÉ moins de 180 jours en première saison de pâturage, les ODR étaient très bas à P0 puis ont augmenté fortement de P1 à P3 lors de la seconde saison de pâturage pour atteindre des valeurs assez élevées (ODR moyen proche de 0,8) en fin de seconde saison de pâturage.
- Chez les génisses ayant pâTURÉ plus de 180 jours en première saison de pâturage, les ODR étaient élevés à P0 puis sont restés assez stables pendant toute la seconde saison de pâturage (entre 0,7 et 0,9).

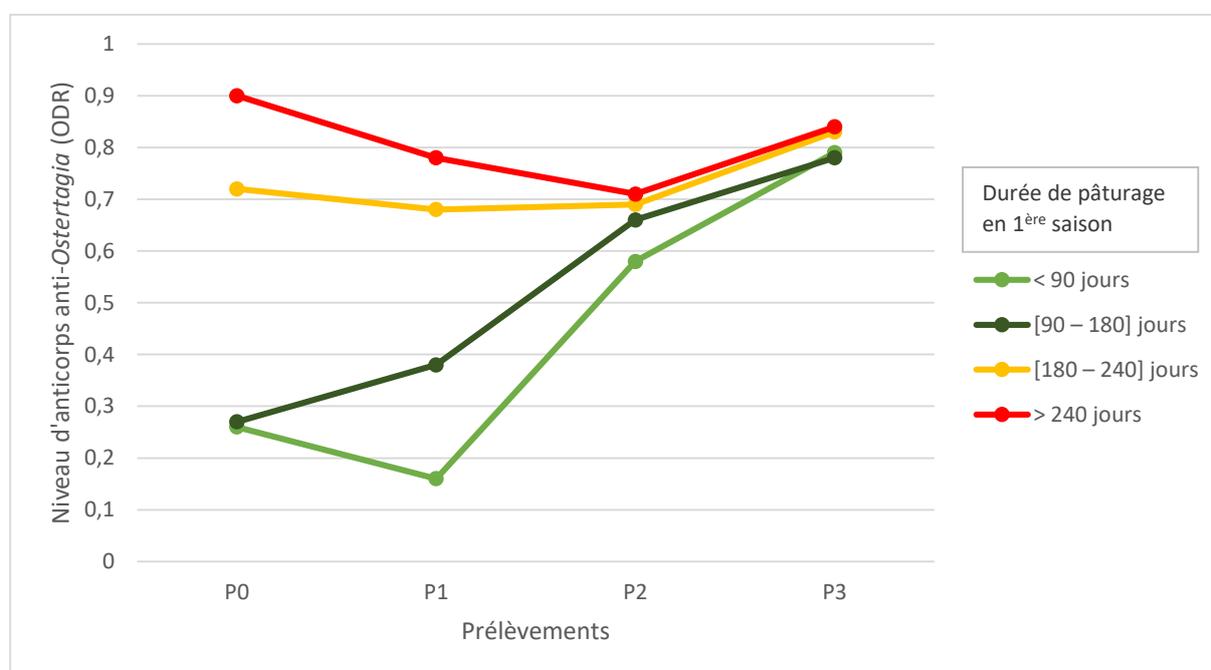


Figure 10 - Evolution du niveau d'anticorps anti-Ostertagia chez des génisses en seconde saison de pâturage ayant pâTURÉ en tant que veaux sous nourrices en première saison. Cette évolution est représentée en fonction de la durée de pâturage en 1<sup>ère</sup> saison (4 catégories). P0 : point de prélèvement à la rentrée en bâtiment de la 1<sup>ère</sup> saison de pâturage ; P1 à P3 : points de prélèvements du suivi en seconde saison de pâturage

Tableau IX - Valeurs moyennes (et écarts type) des trois marqueurs d'infestation par les SGI à l'échelle du lot aux différents points de prélèvement (P0 à P3) constituant le suivi de génisses en seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices en première saison

Marqueurs d'infestation	Durée de pâturage en 1 <sup>ère</sup> saison	Nombre de lots	Première saison de pâturage	Seconde saison de pâturage		
			Rentrée en bâtiment en 2019 (P0) (moyenne (sd))	Mise à l'herbe en 2020 (P1) (moyenne (sd))	Juin – juillet 2020 (P2) (moyenne (sd))	Rentrée en bâtiment en 2020 (P3) (moyenne (sd))
Niveau d'excrétion d'œufs dans les fèces (opg)	< 90 jours	7	78 (90)	70 (68)	111 (122)	51 (32)
	[90 – 180] jours	9	160 (198)	137 (95)	33 (18)	15 (12)
	[180 – 240] jours	10	232 (257)	115 (82)	20 (10)	25 (46)
	> 240 jours	8	96 (90)	70 (46)	20 (16)	9 (8)
	<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>151 (187)</b>	<b>102 (79)</b>	<b>42 (65)</b>	<b>24 (33)</b>
Pepsinogène (Utyr)	< 90 jours	7	1,0 (0,3)	1,1 (0,3)	1,8 (0,7)	2,6 (0,5)
	[90 – 180] jours	9	1,1 (0,2)	1,3 (0,4)	1,5 (0,4)	2,4 (0,4)
	[180 – 240] jours	10	1,7 (0,5)	1,8 (0,6)	1,8 (0,5)	2,4 (0,6)
	> 240 jours	8	1,9 (0,5)	1,8 (0,6)	1,6 (0,5)	2,2 (0,5)
	<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>1,5 (0,5)</b>	<b>1,5 (0,6)</b>	<b>1,7 (0,5)</b>	<b>2,4 (0,5)</b>
ELISA <i>Ostertagia</i> (ODR)	< 90 jours	7	0,26 (0,20)	0,16 (0,13)	0,58 (0,13)	0,79 (0,19)
	[90 – 180] jours	9	0,27 (0,18)	0,38 (0,13)	0,66 (0,22)	0,78 (0,13)
	[180 – 240] jours	10	0,72 (0,14)	0,68 (0,19)	0,69 (0,20)	0,83 (0,16)
	> 240 jours	8	0,90 (0,13)	0,78 (0,15)	0,71 (0,20)	0,84 (0,19)
	<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>0,54 (0,32)</b>	<b>0,51 (0,28)</b>	<b>0,66 (0,19)</b>	<b>0,81 (0,16)</b>

### 3-3. Variabilité inter-lots du niveau de pepsinogène en fin de seconde saison de pâturage

L'analyse univariée a conduit à sélectionner les variables explicatives figurant dans le tableau X ci-dessous (p-value < 0,2) en vue de l'analyse multivariée.

Les autres variables explicatives testées (cf. tableaux VIIb et VIIc) montraient une p-value > 0,2 dans l'analyse univariée et n'ont donc pas été retenues pour l'analyse multivariée.

Tableau X - Résultats de l'analyse univariée (régression logistique) concernant le niveau moyen de pepsinogène sérique en fin de seconde saison de pâturage (seuil de discrétisation à 2 UTyr) : variables explicatives (variables qualitatives) conservées pour l'analyse multivariée (p-value < 0,20)

Variables explicatives	Seuils	Distribution des lots dans les différentes modalités de la variable explicative en fonction du niveau de pepsinogène (variable à expliquer)		Odds ratio [IC à 95%]	P-value
		≤ 2 UTyr	> 2 UTyr		
Durée de pâturage en 1 <sup>ère</sup> saison	> 180 jours	4	14	Ref	0,17
	< 180 jours	1	15	4,29 [0,55 – 89]	
TCE en 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage (TCE1)	> 180 jours	3	8	Ref	0,17
	< 180 jours	2	21	3,94 [0,56 – 34,5]	
GL max rencontré en 1 <sup>ère</sup> saison de pâturage (GLmax 1)	> 3	4	9	Ref	0,04
	≤ 3	1	20	8,89 [1,12 – 188]	
TCE cumulé (TCE1 + TCE2)	> 423 jours	4	13	Ref	0,13
	≤ 423 jours	1	16	4,92 [0,63 – 103]	

Concernant l'analyse multivariée pour le taux de pepsinogène sérique par lot, parmi les 4 variables retenues, les 3 variables TCE cumulé, TCE1 et durée de pâturage en 1<sup>ère</sup> saison étant trop liées entre elles (VIF > 5), trois modèles multivariés ont été construits (chacune de ces 3 variables étant testée avec la 4<sup>ème</sup> variable (GLmax) dans chacun des modèles).

Finalement, seul le nombre maximal de générations larvaires rencontrées en 1<sup>ère</sup> saison (GLmax1) était significatif. Cela revenait donc à faire une analyse univariée ( $p = 0.04$ , cf. tableau X).

Ainsi, le risque de présenter un niveau de pepsinogène sérique élevé en fin de seconde saison de pâturage ( $> 2$  UTyr) était plus faible lorsque les génisses avaient été en contact l'année précédente (en veaux sous nourrices) avec la troisième génération larvaire ou plus (selon Parasit'sim). Autrement dit, en cas de challenge parasitaire (simulé) élevé la première année, la probabilité de présenter un niveau de pepsinogène élevé en fin de seconde saison de pâturage était plus faible.

#### 3-4. Variabilité inter-lots du niveau d'anticorps anti-Ostertagia en fin de seconde saison de pâturage

L'analyse univariée a conduit à sélectionner les variables explicatives figurant dans le tableau XI ci-dessous ( $p$ -value  $< 0,2$ ) en vue de l'analyse multivariée. Les autres variables explicatives testées (cf. tableaux VIIb et VIIc) montraient une  $p$ -value  $> 0,2$  dans l'analyse univariée et n'ont donc pas été retenues pour l'analyse multivariée.

Tableau XI - Résultats de l'analyse univariée (régression logistique) concernant le niveau moyen d'anticorps anti-Ostertagia (seuil de discrétisation à 0,8 ODR) : variables explicatives (variables qualitatives) conservées pour l'analyse multivariée (p-value < 0,20)

Variables explicatives	Seuils	Distribution des lots dans les différentes modalités de la variable explicative en fonction du niveau d'anticorps (ODR) (variable à expliquer)		Odd-ratio [IC à 95%]	P-value
		≤ 0,8	> 0,8		
Durée de pâturage en 1 <sup>ère</sup> saison	≥ 180 jours	9	9	Ref	0,13
	< 180 jours	4	12	3 [0,73 – 14,2]	
Niveau d'anticorps anti-Ostertagia (ODR) lors de la rentrée en bâtiment en 2019 (fin de 1 <sup>ère</sup> saison)	]0,32-0,8]	8	4	Ref	0,04
	≤ 0,32	2	9	9,00 [1,47 – 81]	
	> 0,8	3	7	4,67 [0,82 – 33]	
TCE en 2 <sup>nd</sup> saison de pâturage (TCE2)	≤ 275 jours	10	11	Ref	0,15
	> 275 jours	3	10	3,03 [0,69 – 16,5]	
Nombre de veaux par nourrice en 1 <sup>ère</sup> saison	≥ 2	11	8	Ref	0,01
	< 2	2	13	8,94 [1,81 – 68]	

En calculant le VIF, toutes les variables explicatives retenues suite à l'analyse univariée ( $p$ -value  $< 0,2$ ) ont pu être conservées pour l'analyse multivariée. Cependant, après la procédure de sélection descendante pas à pas, la variable concernant la durée de pâturage en 1<sup>ère</sup> saison n'a pu être enlevée car sa suppression faisait bouger les estimations de plus de 20%. Cette variable a donc été conservée comme variable d'ajustement dans le modèle.

Tableau XII - Résultats de l'analyse multivariée (régression logistique) concernant le niveau moyen d'anticorps anti-Ostertagia (seuil de discrétisation à 0,8 ODR)

Variables explicatives	Seuils	Distribution des lots dans les différentes modalités de la variable explicative en fonction du niveau d'anticorps (ODR) (variable à expliquer)		Odds ratio [IC à 95%]	P-value
		≤ 0,8	> 0,8		
Durée de pâturage en première saison de pâturage	≥ 180 jours	9	9	Ref	0,75
	< 180 jours	4	12	1,33 [0,21 – 7,58]	
Nombre de veaux sur nombre par nourrice en 1 <sup>ère</sup> saison	≥ 2	11	8	Ref	0,02
	< 2	2	13	7,87 [1,36 – 69]	

Au bilan de cette analyse multivariée, la seule variable explicative significative était le nombre de veaux par nourrice en 1<sup>ère</sup> saison de pâturage : le risque d'avoir un ODR moyen élevé ( $> 0,8$ ) en fin de seconde saison de pâturage était supérieur lorsque le nombre de veaux par nourrice en 1<sup>ère</sup> saison était faible ( $< 2$ ) ( $p$ -value = 0,02).

## 4. Discussion

### 4-1. Synthèse des résultats et interprétation

#### 4-1-1. *Les trois marqueurs d'infestation par les SGI présentaient des évolutions différentes en fonction de la durée de la première saison de pâturage*

Les valeurs moyennes des trois marqueurs d'infestation par les SGI ont montré deux évolutions bien distinctes au cours de la seconde saison de pâturage selon la durée de pâturage en première saison (lorsque les génisses étaient des veaux élevés sous nourrices).

Les lots qui avaient pâturé moins de 90 jours en première saison de pâturage ont présenté au cours de leur seconde saison de pâturage :

- un pic d'excrétion fécale en milieu de saison de pâturage (P2) (cf. figure 8).
- une augmentation forte et précoce du niveau d'anticorps anti-*Ostertagia* (cf. figure 10).
- une augmentation précoce (entre P1 et P2) du niveau de pepsinogène sérique (cette augmentation étant plus tardive (entre P2 et P3) chez les lots ayant pâturé plus de 180 jours) (cf. figure 9).

Cette évolution des trois marqueurs parasitaires des génisses ayant eu une première saison de pâturage courte est proche de celle observée chez des génisses sortant pour la première fois au pâturage. En effet, le tableau XIII présente les résultats de suivis coproscopiques effectués sur des génisses laitières en première saison de pâturage : on constate que le pic d'excrétion fécale a lieu entre 1 et 3 mois après la mise à l'herbe. De la même manière, le tableau XIV résume des résultats de suivi du niveau d'anticorps anti-*Ostertagia* chez des génisses de première saison de pâturage : ce niveau d'anticorps croît de manière constante pour atteindre des valeurs élevées en fin de saison. Enfin, dans les études présentées dans les tableaux XIII et XIV, des suivis de pepsinogène ont souvent aussi été effectués. Ces suivis montrent tous une croissance du niveau de pepsinogène sérique chez les génisses de première saison de pâturage avec une pente importante comme celle observée dans notre étude : 1,1 ; 1,8 et 2,6 UTyr en moyenne à P1, P2 et P3 respectivement, dans notre étude, versus 0,5 ; 2,0 et 2,5 UTyr dans le suivi de (Šarkunas et al. 2000).

Chez les génisses de seconde saison de pâturage ayant pâturé moins de 90 jours avec leur nourrice l'année précédente, l'évolution des marqueurs d'infestation par les SGI semble donc correspondre à celle observée chez des animaux non immuns en première saison de pâturage. Cela suggère que les génisses de notre étude en seconde saison de pâturage ayant peu pâturé avec leur nourrice l'année précédente n'ont pas (ou peu) développé d'immunité vis-à-vis des SGI. Ce résultat n'est pas surprenant car on sait que le développement de l'immunité anti-SGI dépend de la durée et de l'intensité du contact avec les SGI (Claerebout et al. 1998 ; Ravinet et al. 2019). Or, en plus d'une courte première saison de pâturage, la présence des nourrices a (i) engendré un effet de dilution qui a amoindri l'intensité du contact pour les veaux et (ii) assuré une alimentation lactée qui est probablement restée majoritaire pour ces veaux sortis tardivement en 1<sup>ère</sup> saison de pâturage, l'ingestion d'herbe et donc de larves a été faible

(Constancis et al. 2020). Ainsi, lorsque ces animaux ressortent pour la seconde fois au pâturage, le recyclage parasitaire n'est pas affecté par l'immunité : la ponte de parasites (qui est la 1<sup>ère</sup> manifestation de l'immunité) n'est pas encore entravée et le pic d'excrétion peut avoir lieu (il est souvent rapporté à l'infestation par *Cooperia* (Šarkunas et al. 2000)), le taux d'installation des parasites reste encore élevé et le pepsinogène augmente rapidement, l'exposition aux parasites croît et le taux d'anticorps augmente.

L'évolution des marqueurs d'infestation par les SGI était différente chez les génisses qui avaient pâturé plus de 180 jours en première saison : excrétion fécale en constante diminution, et niveaux d'anticorps assez élevés mais stables tout le long de la saison (cf. figures 8 et 10). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus chez des génisses suivies en seconde saison de pâturage en système classique : valeurs stables et très basses de l'excrétion fécale tout au long de la saison (cf. 3-1) (Nansen et al. 1990; Šarkunas et al. 2000) et niveaux d'anticorps anti-*Ostertagia* plutôt constants tout au long de la saison dans des valeurs plutôt élevées (Gasbarre et al. 1993). Toutefois, les génisses de notre étude, si les niveaux de pepsinogène sont restés stables (voire ont baissé) entre P1 et P2 (cf. figure 9), ils ont fortement augmenté entre P2 et P3, pour atteindre des valeurs élevées à P3. Finalement, quel que soit l'historique de 1<sup>ère</sup> saison de pâturage, toutes les génisses suivies en seconde saison de pâturage de notre étude ont présenté des niveaux de pepsinogène élevés en fin de saison (P3).

#### 4-1-2. *Les niveaux de pepsinogène sérique étaient élevés en fin de seconde saison de pâturage*

En fin de seconde saison de pâturage, les niveaux de pepsinogène des génisses laitières de notre étude étaient compris dans la gamme des valeurs rapportées chez des génisses allaitantes limousines en fin de seconde saison de pâturage (qui avaient pâturé avec leur mère en première saison, avec un faible contact avec les parasites) (Kerboeuf et al. 1981). En effet, chez ces génisses, Kerboeuf et al. (1981) ont dosé le pepsinogène sérique en novembre (alors qu'elles avaient environ 20 mois) et ont trouvé les valeurs suivantes (moyenne de 4 individus à chaque fois) : 1,25 ; 3,1 ; 2,8 et 2,1 Utyr. Or, c'est bien chez ces génisses Limousines de seconde saison de pâturage que Kerboeuf et al. (1981) ont démontré la relation entre le niveau de pepsinogène moyen à l'échelle du lot et la charge parasitaire moyenne. Par extrapolation, l'interprétation quantitative du dosage serait donc possible dans notre étude et conclurait à des charges parasitaires assez élevées pouvant être compatibles avec des chutes de croissance (Kerboeuf et al. 2002; Kerboeuf, Le Garff, and Mage 1981).

A l'inverse, d'autres études (2 thèses vétérinaires) conduites sur des génisses de seconde saison de pâturage en système allaitant, rapportent des valeurs de pepsinogène de fin de saison beaucoup plus basses que les nôtres : les niveaux de pepsinogène des génisses suivies ne dépassaient pas les 2 UTyr selon la méthode de Kerboeuf et al (2002) ou de Dorny et Vercruyse (1998) (Gibe 2006 ; Miraton 2008). Ces niveaux sont considérés comme faibles. Toutefois, dans l'une de ces 2 études (Miraton 2008), les animaux sont rentrés précocement (fin septembre), en raison de la sécheresse, ce qui expliquerait les faibles niveaux d'infestation observés.

Tableau XIII - Suivi d'excrétion fécale d'œufs de strongles gastro-intestinaux sur des génisses laitières pâturant seules en première saison de pâturage : synthèse des résultats issus de diverses publications scientifiques

Référence	Âge à la mise à l'herbe (mois)	Période de pâturage	Effectifs	Dates des prélèvements	Evolution de l'excrétion fécale
(Šarkunas et al. 2000)	6,5	Mai à septembre (4 mois)	1 lot 10 animaux	10 prélèvements durant la saison espacés de 2 semaines	Pic observé début juillet (700 opg)
(Nansen et al. 1990)	Non renseigné	Mai à octobre (6 mois)	1 lot 6 animaux	9 prélèvements durant la saison espacés de 4 semaines	Pic observé début juin (1500 opg)
(Ploeger et al. 1994) Expérience 1	4,5	Juin à octobre (5 mois)	2 lots 35 animaux	21 prélèvements durant la saison chaque semaine	Pic observé début septembre
(Larsson et al. 2006)	7	Mai à octobre (6 mois)	3 lots 30 animaux	7 prélèvements durant la saison espacés de 4 semaines	Pic observé début juin (200 opg)
(Höglund et al. 2013)	8	Avril à septembre (5 mois)	1 lot 22 à 24 animaux	7 prélèvements durant chaque saison espacés de 4 semaines	Pic observé début juin
(Dimander, Höglund, and Waller 2003)	6 à 9	Avril à septembre (5 mois)	1 lot 10 animaux	6 prélèvements durant chaque saison espacés de 4 semaines	Pic observé début juin

Tableau XIV - Suivi du niveau d'anticorps anti-Ostertagia sur des génisses laitières pâturant seules en première saison de pâturage : synthèse des résultats issus de diverses publications scientifiques

Référence	Âge à la mise à l'herbe (mois)	Période de pâturage	Effectifs	Dates des prélèvements	Evolution de l'excrétion fécale
(Ploeger et al. 1994)	4,5	Juin à octobre (5 mois)	2 lots 35 animaux	21 prélèvements durant la saison chaque semaine	Croissance constante (en titre d'anticorps) : entre 2 et 3 en début de saison pour atteindre entre 5,5 et 6,5 à la rentrée
(Claerebout, Dorny, et al. 1998)	4 à 9	Mai à novembre (7 mois)	1 lots 10 animaux	4 prélèvements durant la saison	Croissance constante (en ODR) : <b>0</b> en début de saison pour atteindre <b>0,5</b> à la rentrée
(Gasbarre et al. 1993)	4,7	Mai à Octobre (6 mois)	1 lot 6 animaux	9 prélèvements durant la saison	Croissance des IgG (en ODR) : <b>0,2</b> en début de saison pour atteindre <b>0,8</b> à la rentrée

De plus, les niveaux de pepsinogène des génisses de notre étude à P3 étaient plus élevés que ceux rapportés chez des génisses laitières en fin de seconde saison ayant pâturé seules en première saison : les quatre études rapportées dans le tableau VI (cf. 3-3) montrent des taux de pepsinogène bas. Ces valeurs plus élevées pourraient s'expliquer par une immunité incomplètement acquise vis-à-vis d'*Ostertagia* en lien avec un défaut d'exposition l'année précédente en raison de la présence des nourrices (effet de dilution). Cependant, si ce défaut d'immunité est certain chez les génisses ayant peu pâturé l'année précédente (cf. § précédent), il reste moins probable chez les génisses ayant pâturé très longtemps l'année précédente (> 240 jours). Chez ces animaux, ou du moins une partie d'entre eux, l'élévation du taux de pepsinogène en fin de saison pourrait au contraire s'expliquer par la réaction immunitaire : il est fréquemment rapporté que le niveau de pepsinogène peut être élevé chez des animaux adultes immunisés contre les SGI, en lien avec une hypersensibilité de la caillette consécutive à des infections antérieures (Borgsteede et al. 1985; Eysker et al. 2000). En effet, selon Armour et al. (1979), les animaux immunisés pourraient subir une réaction allergique de la caillette à la suite d'une augmentation de l'ingestion de larves, même s'ils n'ont pas acquis une charge importante de vers. Or, les génisses ayant pâturé longtemps l'année précédente dans notre étude pourraient être dans cette situation car elles ont pu pâture en étant parfois mélangées avec des génisses peu immunisées (courte saison de pâturage l'année précédente), augmentant ainsi leur niveau d'exposition et la quantité de larves ingérées. Il est donc possible qu'il n'y ait pas qu'une seule explication à ces niveaux de pepsinogène élevés à P3, mais plusieurs explications selon l'historique de pâturage.

Malgré ces taux de pepsinogène élevés en fin de saison de pâturage, aucune génisse n'a présenté de diarrhée marquée (classiquement observée lors d'ostertagiose de type 1 clinique), les niveaux d'excrétion étaient faibles en fin de saison (alors que l'excrétion peut être forte lors d'ostertagiose de type 1 clinique) (Armour 1970) et aucun éleveur n'a signalé craindre des retards de croissance à l'observation de leurs animaux. Ainsi, même si globalement les charges parasitaires des génisses de notre étude semblent plus élevées que celles rapportées chez des génisses élevées classiquement, ce niveau d'infestation pourrait être plutôt bien supporté par les animaux, suggérant une bonne résilience de ces génisses. Toutefois, on ne peut être sûr de l'absence de conséquences négatives de ces infestations car aucune donnée objective sur la croissance n'a pu être exploitée dans cette étude (cf. infra).

Enfin, il est intéressant de noter que, en fin de saison de pâturage à P3, pour le pepsinogène comme pour les deux autres marqueurs d'infestation, les courbes tendent à se rejoindre sur les figures 8, 9 et 10. Ainsi, si la dynamique d'évolution de ces marqueurs au cours de la seconde saison diffère selon la durée de la première saison de pâturage, cet effet paraît s'estomper en fin de saison. Il était donc pertinent de faire un suivi tout au long de la seconde saison et de ne pas s'intéresser seulement à la rentrée en bâtiment en fin de seconde saison de pâturage.

#### 4-1-3. Variabilité inter-lots du niveau de pepsinogène et d'anticorps anti-*Ostertagia* en fin de seconde saison de pâturage

La durée de la première saison de pâturage n'est pas apparue comme un facteur explicatif de la variabilité des niveaux de pepsinogène et d'anticorps en fin de seconde saison de pâturage. En revanche, ces deux marqueurs d'infestation restaient liés à des facteurs relatifs au niveau d'exposition aux SGI en première saison.

En effet, d'une part, le risque de présenter un niveau de pepsinogène sérique élevé ( $> 2\text{UTyr}$ ) en fin de seconde saison de pâturage était plus faible si les génisses avaient été en contact lors de la première saison de pâturage avec la troisième génération larvaire ou plus (recyclage parasitaire simulé avec Parasit'sim). Autrement dit, en cas de challenge parasitaire (simulé) élevé en première saison de pâturage, le risque de présenter des taux de pepsinogène sérique élevés en fin de seconde saison est plus faible. Ce résultat va dans le même sens que plusieurs études rapportant que la résistance/résilience à l'infestation par les SGI chez des génisses de seconde saison de pâturage dépend du niveau d'exposition de ces génisses en première saison (Claerebout et al. 1998 ; Eysker et al. 2000)

D'autre part le risque de présenter un taux moyen d'anticorps anti-*Ostertagia* élevé ( $\text{ODR} > 0,8$ ) en fin de seconde saison de pâturage était plus important lorsque le nombre de veaux par nourrice en première saison de pâturage était faible ( $< 2$ ). On peut supposer que plus le nombre de veaux par nourrice est faible, plus l'effet de dilution des populations de larves infestantes est important : les animaux adultes immunisés et peu excréteurs sont plus nombreux, ce qui contribue à contrôler plus fortement le niveau d'exposition des veaux. Le contact avec les SGI aurait donc été moins intense dans ces lots où le nombre de veaux par nourrice était faible, ceci induisant une moindre acquisition de l'immunité concomitante, et donc un recyclage parasitaire plus intense en seconde saison : le niveau d'anticorps est élevé en fin de saison car le niveau d'exposition a été élevé en cours de seconde saison de pâturage.

#### 4-2. Généralisation des résultats

##### 4-2-1. Extrapolation à d'autres régions

Cette étude a été conduite dans des élevages laitiers issus de l'agriculture biologique avec un accès très important au pâturage, essentiellement dans le Grand Ouest excepté la ferme expérimentale de Mirecourt située dans les Vosges. Les résultats obtenus dans notre étude devraient être extrapolés avec prudence à d'autres régions françaises. En effet, nos résultats montrent sans surprise que l'infestation des génisses en seconde saison est liée à l'exposition aux SGI en première saison et donc associée à la présence des nourrices, certes, mais cette exposition peut aussi être influencée par d'autres facteurs, tels que les conditions météorologiques ou la conduite au pâturage, qui sont des facteurs qui peuvent fortement varier d'une région à une autre. On peut supposer que l'effet de dilution lié aux nourrices serait amplifié dans une région plus sèche par une survie des larves L3 diminuée, ou au contraire amoindri sous des conditions météorologiques très favorables à la survie des L3 avec une conduite du pâturage favorisant le recyclage parasitaire par exemple. Dans notre étude, les résultats de la ferme expérimentale de Mirecourt, située dans les Vosges, sont similaires aux résultats observés dans le Grand Ouest. Mais ceci est insuffisant pour évaluer la stabilité

de nos résultats entre régions car cela ne concerne finalement qu'une seule ferme. Des études multicentriques similaires à celle-ci seraient nécessaires pour évaluer la variabilité des résultats entre régions.

#### 4-2-2. *Extrapolation à d'autres années*

Dans notre étude, les génisses ont été suivies seulement sur une année (février 2020 à janvier 2021). Les résultats obtenus sont donc intimement liés aux conditions météorologiques de cette année de suivi. On peut donc se demander si nos résultats sont généralisables à d'autres années. Nous avons comparé les températures mensuelles et les cumuls de précipitations mensuelles de l'année 2020 aux (i) mêmes données mensuelles des années 2010 à 2019<sup>1</sup>, et aux (ii) normales saisonnières (calculées de 1981 à 2010<sup>2</sup>) sur les différentes stations utilisées pour les modélisations Parasit'sim (cf. annexe 2). Nous avons ainsi constaté que l'année 2020 a été plutôt chaude au cours des mois d'avril et mai, mais les précipitations durant ces deux mois étaient semblables aux normales saisonnières ainsi qu'à celles rapportées ces 10 dernières années. De la même manière, pendant les mois d'août et de septembre, la température était aussi un peu plus élevée mais accompagnée d'une pluviométrie dans les normes, voire parfois plus élevée. Toutefois, le mois de juillet 2020 a été très sec bien que les températures aient été dans les normes. Finalement, en 2020, on ne peut exclure un effet sécheresse en juillet, mais le printemps et la fin de l'été auraient été au contraire plutôt favorables au recyclage parasitaire, ce qui a pu contribuer à augmenter l'exposition des génisses en fin de saison comme attestée par les ODR *Ostertagia* et les niveaux de pepsinogène observés. On ne peut donc exclure qu'un effet météo ait pu influencer nos résultats.

#### 4-2-3. *Extrapolation à d'autres systèmes d'élevage*

En système allaitant, depuis 1980, moins d'une dizaine d'études ont été publiées sur le parasitisme des génisses de seconde saison de pâturage. De plus, dans ces quelques études, le suivi parasitaire des génisses de seconde saison de pâturage n'était pas le sujet principal. Les résultats obtenus dans notre étude pourraient participer à enrichir, par extrapolation, les connaissances sur l'infestation des génisses de race allaitante en seconde saison de pâturage. En effet, l'élevage de veaux sous nourrices s'apparente beaucoup au système allaitant : mise à l'herbe précoce avec une conservation longue de l'alimentation lactée, mélange d'animaux adultes et d'animaux non immuns sur les mêmes pâtures. Cependant, le nombre de veaux par vache adulte est égal à 1 en troupeau bovin allaitant (sauf en cas de naissance gémellaire ce qui est anecdotique). On peut donc supposer que l'effet de dilution dont les veaux peuvent bénéficier en système allaitant en première saison de pâturage est plus important que celui résultant de la présence des nourrices dans notre étude. Toutefois, dans le système allaitant, les éleveurs cherchent un âge au premier vêlage proche de 3 ans. Dans ces conditions, les

---

<sup>1</sup> Les données mensuelles des années 2010 à 2019 ont été trouvées sur le site internet : <https://www.infoclimat.fr/>

<sup>2</sup> Les normales saisonnières sont des paramètres météorologiques déterminées sur intervalle de 30 ans (entre 1981 et 2010). Ces données ont été trouvées sur le site internet <https://www.lameteo.org/index.php/climatologie/normales-climatiques>

exigences de croissance sont moindres, et de légers retards de croissance en lien avec l'infestation par les SGI sont donc plus facilement tolérables.

Les résultats de notre étude pourraient aussi permettre de mieux comprendre et anticiper les conséquences d'un système sans nourrice mais dans lequel les veaux sont mis à l'herbe précocement (dès l'âge de 3 semaines) avec un système de distribution du lait au pâturage (milk bar). Ce système qui vient de Nouvelle-Zélande est arrivée en Angleterre, et récemment la Chambre d'Agriculture de Normandie propose une découverte de cette pratique parmi d'autres pratiques que l'on retrouve en système d'agriculture biologique (Normandie n.d.). Ces veaux non sevrés auront donc une alimentation essentiellement lactée ce qui pourrait fortement diminuer le contact avec les SGI et ralentir l'acquisition de l'immunité concomitante contre les SGI à la manière de l'effet de dilution lié à la présence des nourrices.

#### 4-3. Validité des résultats

##### 4-3-1. *Absence de lots témoins n'ayant pas été élevés sous nourrices en première saison de pâturage*

Théoriquement, pour bien quantifier les conséquences de la conduite sous nourrices en première saison de pâturage sur l'infestation par les SGI en seconde saison, l'idéal aurait été d'avoir un lot témoin dans chaque élevage composé de génisses ressemblant en tout point aux génisses que l'on a suivies (même nombre de génisses, même âge et même race, pâturant selon la même conduite) mais qui auraient pâturé seules (sans nourrices) durant la première saison de pâturage. Sur le plan pratique, il n'a pas été possible d'obtenir de tels lots témoins intra-troupeau dans chacun des élevages et pour chaque lot. En effet, cela aurait obligé les éleveurs à avoir deux types de conduite au sein de leur exploitation (veaux sous nourrices et veaux élevés classiquement sans contact avec des vaches adultes). On aurait pu éventuellement retrouver ces deux types de conduites différentes dans les exploitations qui étaient en train d'effectuer le travail de transition vers la conduite des veaux sous nourrices, mais ces exploitations auraient été peu nombreuses (et difficiles à identifier dans la phase de recrutement des troupeaux de notre échantillon d'étude).

##### 4-3-2. *Conséquence du faible effectif*

Les marqueurs d'infestation par les SGI, et notamment le niveau de pepsinogène sérique, s'interprètent à l'échelle du lot. C'est pourquoi notre entité statistique dans cette étude était le lot de génisses. Selon la définition d'un lot que nous nous sommes imposés (animaux ayant pâturé ensemble pendant toute la saison de pâturage 2020 et qui sont homogènes en termes d'historique de pâturage en première saison), notre base de données était finalement constituée de 34 lots différents. Ce faible effectif a pu induire un défaut de puissance statistique, empêchant peut-être d'identifier des effets qui auraient pu être significatifs si nous avions pu disposer d'un plus grand effectif. Néanmoins, il n'aurait pas été possible de suivre plus d'élevages lors de la phase terrain dans le temps imparti pour cette thèse. En effet, les élevages se trouvaient dans une zone géographique assez large, et les visites d'élevages (pour prélever chaque génisse à P1, P2 et P3 et enregistrer les informations sur la conduite de pâturage), ainsi que le travail au laboratoire pour effectuer l'ensemble des analyses ont été très chronophages.

Une autre possibilité aurait été de réaliser une analyse statistique à l'échelle individuelle (293 à 307 individus par point de prélèvement). Mais cette option n'a pas été retenue car le niveau de pepsinogène sérique n'est pas interprétable à l'échelle individuelle. En effet, la relation entre le niveau de pepsinogène et la charge parasitaire a été démontrée à l'échelle du lot, et il est connu qu'à charge parasitaire équivalente deux individus peuvent présenter des niveaux de pepsinogène très différents (Kerboeuf et al. 1981). De plus, pour différentes causes liées aux aléas du terrain, tous les animaux n'ont pu être prélevés à chaque point. Le suivi étant constitué seulement de 3 points, la perte d'un seul de ces points pour un animal rendait son évolution non interprétable.

De plus, les 34 lots étaient constitués en moyenne de 9 génisses, avec 11 lots sur 34 ayant un effectif strictement inférieur à 5. Pour une interprétation quantitative rigoureuse du dosage de pepsinogène sérique, Kerboeuf et al., (1981, 2002) indiquent qu'il doit être effectué sur minimum 5 animaux non immuns du même lot (même conduite de pâturage, même âge, même historique de traitement). Pour ces 11 lots de moins de 5 animaux, on ne peut donc garantir une interprétation quantitative parfaitement rigoureuse du niveau de pepsinogène sérique. Cependant, ces lots à faible effectif (< 5) étaient « obligatoires » si l'on voulait avoir des génisses au sein d'un lot avec le même historique de pâturage en 1<sup>ère</sup> saison. Avec des effectifs intra-lot plus importants, on aurait pu être amené à moyenner des niveaux de pepsinogène d'animaux ayant des premières saisons de pâturage de durées très différentes, ce qui aurait été très discutable aussi.

#### 4-4. Perspectives d'application des résultats

##### 4-4-1. *Elevage des veaux sous nourrices : une pratique qui permet de diminuer l'utilisation des anthelminthiques*

L'étude précédente concernant la première saison de pâturage des veaux élevés sous nourrices montrait des niveaux d'infestation bas (Constancis et al. 2020). De tels niveaux d'infestation ne justifient pas de traitement anthelminthique systématique en fin de saison de pâture. Ce genre de pratique n'est déjà plus recommandé dans le contexte actuel de la diminution de l'utilisation d'antiparasitaires, et encore moins dans un tel système notamment en agriculture biologique. Plus généralement, le pâturage concomitant d'animaux jeunes et naïfs face aux SGI et des adultes immunisés en première saison de pâturage pourrait permettre de diminuer l'utilisation d'anthelminthiques.

##### 4-4-2. *Un traitement raisonné des génisses en seconde saison de pâturage*

Les résultats de cette étude sur les génisses de seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrices montrent des niveaux de pepsinogène sérique un peu trop élevés. On peut se demander si ces animaux arrivent à contrôler leur niveau d'infestation. Aucune ostertagiose clinique n'a cependant été observée au cours de l'étude. De plus, les éleveurs semblaient satisfaits des résultats zootechniques de leurs génisses de renouvellement. Toutefois, l'idéal serait de pouvoir évaluer de manière objective si un traitement est nécessaire. Pour ce faire, il faudrait disposer d'outils diagnostiques permettant la quantification de la charge parasitaire. Mais les outils diagnostiques classiques à notre

disposition ne nous permettent pas d'atteindre cet objectif de quantification chez les animaux de seconde saison de pâturage :

- L'excrétion fécale observée par coproscopie n'est pas proportionnelle à la charge parasitaire réelle de l'animal, surtout chez ces animaux ayant déjà probablement acquis le niveau d'immunité permettant de diminuer la ponte des parasites.
- Le niveau de pepsinogène pourrait être influencé par une réaction abomasale liée à l'immunité (cf. infra) et ainsi ne pas être bien corrélé à la charge parasitaire.
- Le dosage du niveau d'anticorps anti-*Ostertagia* n'est pas un examen complémentaire utilisé en routine et n'est pas corrélé à la charge parasitaire.

Ainsi chez des animaux de seconde saison de pâturage, ces différents examens complémentaires peuvent être utilisés dans le cadre de suivis d'infestation dans les protocoles de recherche visant à appréhender l'évolution de la relation hôte-parasites, mais ils ne sont pas forcément utilisables sans équivoque avec un objectif diagnostique précis s'il faut traiter ou pas.

#### 4-5. Perspectives de recherche

##### 4-5-1. *Suivi de contamination des parcelles*

Cette étude s'est centrée sur l'analyse de marqueurs parasitaires (coproscopies, niveau de pepsinogène et niveau d'anticorps anti-*Ostertagia*) mesurés sur les génisses directement. Pour compléter notre suivi, et pour tenter de mieux évaluer leur capacité à recycler les SGI (ou au contraire à contrôler ce recyclage), on aurait aussi pu quantifier la contamination des parcelles par les L3. Un prélèvement d'herbe à chaque arrivée et départ des génisses sur une parcelle pourrait permettre de connaître la quantité de larves infestantes L3 sur chaque parcelle, à chaque passage des génisses. Cependant, en cas de pâturage tournant, avec un temps de présence par parcelle relativement court, comme cela a été le cas dans notre étude, la mise en place d'un tel suivi de contamination des parcelles peut s'avérer difficile à mettre en œuvre.

##### 4-5-2. *Utilisation d'indicateurs zootechniques de résilience à l'infestation aux strongles gastro-intestinaux*

Afin de mieux évaluer si les génisses de notre étude parvenaient à maintenir leurs productions malgré l'infestation, on aurait pu s'intéresser au gain moyen quotidien (GMQ) des animaux. L'idéal aurait été de pouvoir collecter des données de croissance de chaque animal. En effet, il est connu qu'une infestation chronique par les SGI peut amener à une perte de croissance au cours de la saison (Rew 1999). En fait, au cours de cette étude, des pesées ont été effectuées à chaque point de prélèvement au cours de la saison à l'aide d'une cage de pesée et d'un technicien de la société Eilyps. Mais l'interprétation de ces données s'est révélée très difficile. En effet, d'une part les génisses étaient pour la plupart des races croisées (Jersiaise, Holstein, Normande...). La comparaison de leur courbe de croissance à des poids à âge type connus par races pures n'aurait pas été pertinente. D'autre part, en seconde saison de pâturage, plus des 2/3 des génisses de l'étude ont été mises à la reproduction, voire étaient avancées dans leur stade de gestation. A chaque pesée, l'évolution du poids pouvait donc être

influencée par la croissance propre de la génisse et par la gestation, rendant l'estimation correcte de la croissance très difficile.

Un suivi de la reproduction des génisses aurait pu aussi être entrepris afin d'évaluer si malgré l'infestation de seconde saison de pâturage, les objectifs de reproduction étaient atteints. Les données à collecter pourraient être : le nombre d'inséminations artificielles (IA) réalisées avant l'insémination fécondante, l'âge au premier vêlage et le déroulement du premier vêlage. Ces données de suivi de reproduction associées aux performances de production laitière en première lactation, seraient pertinentes pour évaluer si la conduite des veaux sous nourrices permet d'optimiser l'élevage des génisses de renouvellement.

#### *4-5-3. Suivi parasitaire rapproché de ces animaux à l'âge adulte*

Dans cette étude, toutes les génisses de l'étude ne semblaient pas avoir eu un contact suffisant et nécessaire en première saison de pâturage pour développer une immunité concomitante en seconde saison. Cependant en fin de seconde saison de pâturage, cette différence semblait s'estomper. Il serait intéressant de continuer un suivi parasitaire sur ces génisses à l'âge adulte. Les résultats pourront être comparés aux résultats de vaches adultes en système allaitant ou laitier.

#### *4-5-4. Evaluation de la production laitière de ces animaux*

Cette étude s'est centrée sur le volet santé concernant le parasitisme de pâturage en particulier sur les strongles gastro-intestinaux. Cependant, à long terme, on ne connaît pas l'impact économique du choix d'un tel système, notamment sur la production laitière lors de la première lactation. Collecter des données sur la production laitière de ces génisses pourrait apporter des arguments permettant de juger l'intérêt économique de l'installation de cette conduite.

#### *4-5-5. Evaluation du lien génisses élevées sous nourrice – éleveurs*

Dans la pratique d'élevage de veaux sous nourrices, les jeunes animaux sont très rapidement éloignés de l'Homme. Dès lors que la phase d'adoption est une réussite, les veaux vont au pâturage avec leur nourrice. Le seul contact avec l'Homme, ici l'éleveur, que les veaux peuvent avoir dépend de la pratique de l'éleveur. Si ce dernier ne va pas à la rencontre des animaux, on peut craindre que ces animaux deviennent de plus en plus craintifs à l'égard de l'Homme. Il en est de même en seconde saison de pâturage. Les animaux sont souvent éloignés dans des pâtures à l'écart des corps de ferme.

Une évaluation du lien génisses élevées sous nourrice – éleveurs en fonction des pratiques de ces derniers pour conserver ce contact serait intéressante afin de produire des connaissances scientifiques sur le sujet et directement réutilisables par les éleveurs qui souhaitent une transition vers ce système.

## Conclusion générale

En seconde saison de pâturage, chez les génisses issues de lots de veaux élevés sous nourrices en première saison, l'infestation par les SGI semble globalement plus élevée que chez les génisses élevées classiquement (pâturent seules dès la première saison). Ceci pourrait être dû à un défaut de développement de l'immunité en raison d'une exposition faible en première saison liée à la présence des nourrices (effet de dilution). Toutefois, nos résultats suggèrent que l'infestation de ces génisses en seconde saison de pâturage est variable selon des caractéristiques de la première saison : durée de pâturage, challenge larvaire, nombre de veaux par nourrice. Il convient de rester vigilant en ce qui concerne l'infestation par les SGI des génisses issues de lots de veaux sous nourrices, surtout si leur première saison de pâturage a été courte avec un ratio veaux/nourrice bas.

Ce travail de thèse s'est cependant intéressé au seul volet santé concernant l'infestation des génisses de seconde saison de pâturage issues de lots de veaux élevés sous nourrice par les strongles gastro-intestinaux. Or dans le système d'élevage utilisant des nourrices, la conservation plus longue du contact adulte-veau pourrait modifier l'épidémiologie de maladies transmissibles de la mère au veau comme la paratuberculose. Il serait intéressant de mener des travaux de recherche dans des élevages connus pour avoir de la paratuberculose au sein de leur cheptel, afin d'objectiver l'intérêt d'une telle conduite dans un tel élevage.

Le volet économique d'une exploitation est aussi lui très important. Des recherches sur la production laitière et un suivi de reproduction de telles génisses apporteraient des arguments permettant de juger de l'intérêt économique de cette conduite.

## Références bibliographiques

- Anderson R. C. (2000). Nematode parasites of vertebrates : their development and transmission. 2nd edition. Wallingford : CABI Publishing, 650p.
- Anderson N. (1988). Aspects of the biology of *Ostertagia Ostertagi* in relation to the genesis of ostertagiasis. *Veterinary Parasitology*, **27**(1-2) p.13–21.
- Armour J. (1970). Bovine ostertagiasis. *Veterinary Record*, **86** (7), p.184–190.
- Armour J. and Duncan M. (1987). Arrested larval development in cattle nematodes. *Parasitology Today*, **3** (6), p.171–176.
- Armour J, Bairden K, Duncan J.L, Jennings FW, Parkins J.J. (1979). Observations on ostertagiasis in young cattle over two grazing seasons with special reference to plasma pepsinogen levels. *Veterinary Record*, **105** (22) p.500-503.
- Bairden K, Armour J, and Duncan J.L. (1995). A 4-year study on the effectiveness of alternate grazing of cattle and sheep in the control of bovine parasitic gastro-enteritis. *Veterinary Parasitology*, **60** (1-2) p.119–132.
- Bar-Peled U, Maltz E, Bruckental I, Folman Y, Kali Y, Gacitua H, Lehrer AR, Knight CH, Robinzon B, Voet H, et al. (1995). Relationship between frequent milking or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **78**(12) p.2726-2736.
- Bar-Peled U, Robinzon B, Maltz E, Tagari H, Folman Y, Bruckental I, Voet H, Gacitua H, Lehrer A.R. (1997). Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein heifer calves That were allowed to suckle from birth to six weeks of age. *Journal of Dairy Science*, **80** (10) p.2523–2528.
- Borgsteede F. H.M, Kloosterman A, Oostendorp D, and Van Tarrij H. (1985). Effects of the use of a morantel sustained release bolus in first and second year grazing cattle. *Veterinary Parasitology* **18** (1) p.39–49.
- Brunet L, Coquil X and JM Trommenschlager J.M. (2016). Elever des veaux laitiers sous des vaches nourrices : entre réduction du travail et amélioration des performances animales. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants* **23** (1): p.269.
- Camuset P. (2007). Comprendre et maîtriser les strongyloses digestives des bovins. *Bulletin des GTV*, **Hors-série 2007** p.61–67.
- Chalmers K. (1983). Serum pepsinogen levels and *Ostertagia Ostertagi* populations in clinically normal adult beef cattle. *New Zealand Veterinary Journal* **31** (11) p.189-191.
- Charlier J, Höglund J, von Samson-Himmelstjerna G, Dorny P, Vercruyse J. (2009). Gastrointestinal nematode infections in adult dairy cattle : impact on production, diagnosis and control. *Veterinary Parasitology* **164** (1) p.70-79.

Charlier J, Höglund J, Morgan ER, Geldhof P, Vercruyse J, Claerebout E. (2020). Biology and epidemiology of gastrointestinal nematodes in cattle. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* **36** (1) p.1-15.

Chartier C. (2000) : Alternatives aux traitements antiparasitaires, Société Française de Buiatrie, Paris, 15-17Novembre 2000, p.265-278.

Chauvin A, Agoulon A, Chartier C, Ravinet N (2020). Strongyloses digestives des ruminants. *Polycopié d'enseignement Oniris UV 281* 30p.

Claerebout E, Dorny P, Vercruyse J, Agneessens J, Demeulenaere D. (1998). Effects of preventive anthelmintic treatment on acquired resistance to gastrointestinal nematodes in naturally infected cattle. *Veterinary Parasitology* **76** (4) p.287-303.

Claerebout E, Vercruyse J, Dorny P, Demeulenaere D, Dereu A. (1998). The effect of different infection levels on acquired resistance to gastrointestinal nematodes in artificially infected cattle. *Veterinary Parasitology* **75**(2-3) p.153–67.

Constancis C, Chartier C, Bernard M, Lehebel A, Brisseau N, Chauvin A, Bareille N, Ravinet N. (2020). Parasitisme et performances zootechniques des veaux laitiers conduits avec des vaches nourrices en agriculture biologique. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants* **25** (1): 497–501.

Constancis C (soutenance prévue le 1<sup>er</sup> septembre 2021) L'élevage des veaux laitiers sous nourrice en agriculture biologique : description des pratiques et étude épidémiologique de la cryptosporidiose et des strongyloses digestives et respiratoires. Thèse de doctorat. Ecole Nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation, Nantes-Atlantique – Oniris

Coquil X, Brunet L, Hellec F, and Pailler I. (2017). Conception d'une conduite de génisses laitières sous vaches nourrices : pour une intensification écologique des systèmes d'élevage herbager ? *Fourrages* **231** p.213-222.

Couto L.F.M, Zapa D.M.B, Heller L.M., Cavalcante A.S.A, Nicaretta J.E. (2021). Gastrointestinal nematode control programs in yearling Nellore heifers : analysis of fecal egg counts, weight gain and reproductive indices. *Animal Reproduction Science* **226**

Cringoli G, Maurelli MP, Levecke B, Bosco A, Vercruyse J, Utzinger J, Rinaldi L. (2017). The Mini-FLOTAC technique for the diagnosis of helminth and protozoan infections in humans and animals. *Nature Protocols* **12** (9) p.1723-1732.

DesCôteaux L, Doucet M, Caldwell V. (2001). Evaluation of the impact of parasite control with the IVOMECS<sup>®</sup> SR Bolus given at breeding age on first lactation yield in Holstein heifers." *Veterinary Parasitology* **98** (4) p.309-314.

Dimander SO, Höglund J, Waller P.J. (2003). Seasonal translation of infective larvae of gastrointestinal nematodes of cattle and the effect of *Duddingtonia Flagrans*: a 3-year plot study. *Veterinary Parasitology* **117**(1-2) p.99-116.

Dorchies P, Duncan J, Losson B, and Alzieu J.P. (2012). Vade-Mecum de Parasitologie Clinique Des Bovins. *Editions Med'Com* p.17-123.

- Dorny P and Vercruyse J. (1998). Evaluation of a micro method for the routine determination of serum pepsinogen in cattle. *Research in Veterinary Science* **65** (3) p.259-262.
- Dudley H.B, Smith G.W. (2020). Efficacy and production benefits following use of eprinomectin extended-release injection in pastured dairy heifers. *Veterinary Parasitology* **282**
- Eysker M, Boersema JH, Kooyman FN, Ploeger HW. (2000). Resilience of second year grazing cattle to parasitic gastroenteritis following negligible to moderate exposure to gastrointestinal nematode infections in their first year. *Veterinary Parasitology* **89** (1-2) p.37-50.
- Eysker M, Ploeger H.W. (2000). Value of present diagnostic methods for gastrointestinal nematode infections in ruminants. *Parasitology* **120** p.109-119.
- Froger S. (2015). Identification d'indicateurs pour la mise en place d'un traitement anthelminthique ciblé sélectif vis-à-vis des strongles digestifs chez 312 génisses laitières en première année de pâturage. Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation, Nantes-Atlantique – Oniris, p.67-69
- Gasbarre L.C, Nansen P, Monrad J, Gronveld J, Steffan P, Henriksen S.A (1993) Serum anti-trichostrongyle antibody responses of first and second season grazing calves. *Research in Veterinary Science* **54** (3) p.340-344.
- Gibe B. (2006) Les strongyloses digestives des bovins allaitants, contribution à la validation de la prescription de l'Eprinex® Pour-On. Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort p.84-91.
- Grenfell B.T, Smith G, Anderson R.M. (1987). A mathematical model of the population biology of *Ostertagia Ostertagi* in calves and yearlings. *Parasitology* **95** (2) p.389–406.
- Höglund J, Dahlström F, Sollenberg S, Hesse A. (2013). Weight gain-based targeted selective treatments (TST) of gastrointestinal nematodes in first-season grazing cattle. *Veterinary Parasitology* **196** (3-4) p.358-365.
- Jacquet P. (2007). Dépistage des helminthoses par coproscopie et coproculture. *Bulletin des GTV Hors série 2007* p.111-116.
- Kerboeuf D, Le Garff G, 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. *Annals of veterinary research* **12** (2) p.201-213.
- Kerboeuf D, Koch C, Le Dréan E, Lacourt A. (2002). Méthode simplifiée de mesure de la concentration en pepsinogène dans le sérum." *Revue de Médecine Vétérinaire* **153** (11) p.707-712.
- Krohn C.C. (2001). Effects of different suckling systems on milk production, udder health , reproduction , calf growth and some behavioural aspects in high producing dairy cows - a review. *Applied Animal Behaviour Science* **72** (3) p.271-280.

- Langhout, J, Wagenaar J.P. (2006). Suckling, a natural calf rearing system for organic dairy farms. Joint Organic Congress, Odense, Denmark. p.1-2
- Larsson A, Dimander S.O, Rydzik A, UgglA A, Waller P.J, Höglund J. (2006). "A 3-year field evaluation of pasture rotation and supplementary feeding to control parasite infection in first-season grazing cattle — Effects on animal performance. *Veterinary Parasitology* **142** (3-4) p.197-206.
- Larsson A, UgglA A, Waller PJ, Höglund J (2011). Performance of second-season grazing cattle following different levels of parasite control in their first grazing season." *Veterinary Parasitology* **175** (1-2) p.135–140
- Leligois M. (2019) Description de la conduite du pâturage et du risque de strongylose digestive chez des veaux élevés sous nourrices en troupeau laitier biologique. Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation, Nantes-Atlantique – Oniris 99p.
- Merlin A. (2017). Optimisation de l'usage des antiparasitaires chez la génisse laitière en vue de prévenir le risque d'émergence de populations de strongles digestifs résistants : développement d'une stratégie de traitement sélectif. Thèse de doctorat. Ecole Nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation, Nantes-Atlantique – Oniris 205p.
- Michel J.F, Lancaster M.B, Hong C. (1972). The epidemiology of gastro-intestinal nematode infection in the single-suckled calf. *Veterinary Record* **91** (13) p.301–306.
- Miraton, A. (2008). Etude des endoparasites bovins au sein de trois marais communaux du marais Poitevin." Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse p.139-154.
- Morley, F.H.W, Donald A.D. (1980). Farm management and systems of helminth control. *Veterinary Parasitology* **6**(1-3) p.105-134.
- Nansen P, Steffan P, Monrad J, Grønvold J, Henriksen S.A. (1990). Effects of separate and mixed grazing on trichostrongylosis in first and second-season Ggazing calves. *Veterinary Parasitology* **36** (3-4) p.265-276.
- O'Shaughnessy J, Earley B, Mee JF, Doherty ML, Crosson P, Barrett D, Macrelli M, de Waal T. (2014). Nematode control in spring-born suckler beef calves using targeted selective anthelmintic treatments. *Veterinary Parasitology* **205** (1-2) p.150-157.
- O'Shaughnessy, J., Earley, B., Mee, J.F. Doherty M.L, Crosson P, Barrett D, de Waal T. (2015). Nematode control in suckler beef cattle over their first two grazing seasons using a targeted selective treatment approach. *Irish Veterinary Journal* **68** (13).
- Paillet, I. (2013). Faciliter l'élevage collectif des génisses. *Terra* **397** p.34-35.
- Perreau, J.M. (2014). Conduire Son Troupeau de Vaches Laitières. *Edition La France Agricole*. p.296-314

- Ploeger, H.W, Kloosterman A, Rietveld F.W, Berghen P, Hilderson H, Hollanders W. (1994). Quantitative estimation of the level of exposure to gastrointestinal nematode infection in first-year calves." 55 (4) p.287-315.
- Ravinet N, Chauvin A, Chartier C, Duvauchelle Wache A. (2015). Guide d'intervention pour la maîtrise du risque parasitaire lié aux strongles digestifs en troupeaux laitiers. UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins. 123p.
- Ravinet, N, Chartier C, Merlin A, Chauvin A. (2019). Influence de la conduite du pâturage sur le risque parasitaire lié aux strongles digestifs. Journées AFPP, Elevage à l'herbe : quels bénéfices supplémentaires ? p.47-56.
- Rew, R. S. (1999). Production-based control of parasitic nematodes of cattle. *International Journal for Parasitology* 29 (1) p.177-182.
- Ross J.G, Purcell D.A, Dow C, Todd J.R. (1967). Experimental infections of calves with *Trichostrongylus Axei*; the course and development of infection and lesions in low level Infections. *Research in Veterinary Science* 8 (2) p.201-206.
- Rostang A, Puyt J.D. (2020). Polycopié Antiparasitaires internes. *Polycopié d'enseignement Oniris UV 278* 76p.
- Šarkunas M, Nansen P, Hansen J.W, Paulikas V. (2000). Effects of mixed grazing of first- and second-year calves on Trichostrongylid infections in Lithuania. *Veterinary Research Communications* 24 (2) p.125-134.
- Satrija F, Nansen P, Jørgensen R.J, Monrad J, Esfandiari A. (1996). The effects of first-season strategic and tactical ivermectin treatments on trichostrongylosis in the first- and second-season grazing. *Veterinary Parasitology* 64 (3) p.219-237.
- Taylor M.A, Coop R. L, Wall R.L. (2015). *Veterinary Parasitology*. 4th Edition Wiley-Blackwell 1032p.
- Thomas G.W, Spiker S.A, Mickan F.J. (1981). Influence of suckling by Friesian cows on milk production and anoestrus. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 21 (108) p.5-11.
- Vaarst M, Alrøe H.F. (2012). Concepts of animal health and welfare in organic livestock systems. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 25(3) p.333-347.
- Vanhersel J. (2019). Le bien-être des veaux laitiers : demandes dites sociétales, réglementation, connaissances scientifiques, perception par les éleveurs et leurs pratiques." Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. 162p.
- Vercruyse J, Claerebout E. (1997). Immunity development against *Ostertagia Ostertagi* and other gastrointestinal nematodes in cattle. *Veterinary Parasitology* 72 (3-4) p.309-326.
- Wagenaar, J.P, Langhout J. (2007). Suckling systems in calf rearing in organic dairy farming the Netherlands. In : QLIF Congress, Hohenheim, Germany: p.356-360.

### **Autres références bibliographiques :**

Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie. (2019). Bovins lait en agriculture biologique - Cahier des charges - Principaux Points. [https://normandie.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Normandie/506\\_Fichiers-communs/PDF/AB/cc-lait-bio.pdf](https://normandie.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Normandie/506_Fichiers-communs/PDF/AB/cc-lait-bio.pdf) Page consultée le 19 juin 2021

Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie. Découvrir des techniques d'élevage innovantes. <https://normandie.chambres-agriculture.fr/conseils-et-services/produire-thematiques/agriculture-biologique/production-lait-bio/techniques-delevage-innovantes>. Page consultée le 6 juillet 2021

Fédération Nationale d'Agriculture Biologique. (2008). Fiche bovins lait. [https://www.fnab.org/images/files/reglementation/2014Fichesreg-BovinsLait\(1\).pdf](https://www.fnab.org/images/files/reglementation/2014Fichesreg-BovinsLait(1).pdf) Page consultée le 19 juin 2021

Données météorologiques utilisées pour calculer les températures et précipitations mensuelles entre 2010 et 2020 : <https://www.infoclimat.fr> Page consultée le : 7 juillet 2021

Normales saisonnières 1981- 2010 :

<https://www.lameteo.org/index.php/climatologie/normales-climatiques> Page consultée le : 7 juillet 2021

Données météorologiques utilisées pour les simulations Parasit'sim :

<http://www.meteofrance.com/climat/france> Page consultée le : 16 avril 2021

# Annexes

Annexe 1 – Protocole de dosage du pepsinogène sérique utilisé au laboratoire de parasitologie de l'UMR BIOEPAR

  <p>Unité BIOEPAR</p>	<b>Mode Opérateur</b>	Réf : <b>EPID-MO-04</b>
	<b>Dosage du pepsinogène sérique bovin</b>	Version : 4.0 Date : 09/05/19 Page : 1 /7

Mise à disposition des exemplaires

- Utilisateurs : Mode Opérateur disponible dans la bannette tiroir « pepsinogène » (salle d'immunologie)
- Serveur Simba (Groupes transversaux/GT qualité/03\_Doc Qualité BioEpAR/Immunologie)

Service responsable	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
<b>Parasitologie bovine</b>	Nom : D.MENARD Fonction : TR Visa :	Nom : N. BRISSEAU Fonction : AI Visa :	Nom : A. CHAUVIN Fonction : Pr Visa :

**OBJECTIF :**

Le pepsinogène sérique permet de mettre en évidence indirectement la présence de strongles (*Ostertagia ostertagi*) dans la caillette, d'évaluer l'intensité des lésions, de connaître les vagues d'infestations au cours d'une saison d'herbe, ou de mesurer l'efficacité d'un traitement.

Ce dosage biochimique est effectué à partir de sérum ou de plasma (uniquement récolté sur citrate de sodium). Attention à l'EDTA ou l'héparine qui peuvent perturber la réaction (dans ce cas ne pas faire l'analyse), ainsi qu'à la présence d'hémolyse qui fait varier le pH (le notifier avec le rendu du résultat).

**I/ PRINCIPE**

Le pepsinogène est transformé en pepsine en milieu acide à 37°C.  
 La pepsine libérée agit en milieu acide sur un substrat protéique, en libérant des radicaux aromatiques. Les radicaux aromatiques sont ainsi dosés (tyrosine).

  <b>Unité BIOEPAR</b>	<b>Mode Opérateur</b>	Réf : EPID-MO-04
	<b>Dosage du pepsinogène sérique bovin</b>	Version : 4.0 Date : 09/05/19 Page : 2 / 7

## II/ REACTIFS

**Hydroxyde de Sodium (NaOH)** : ref Sigma S5881

Solution à 0,5M : 10,3 g pastilles pour 500 ml d'eau déminéralisée  
*Remarque : se garde 3 mois à température ambiante*

Solution à 0,6M : 12,36 g pastilles qsp 500 ml d'eau déminéralisée  
*Remarque : se garde 3 mois à température ambiante*

**Acide Chlorhydrique (HCl)** : ref Sigma 84426

Solution à 6M : 26,26 ml HCl concentré qsp 50 ml d'eau déminéralisée

Solution à 1M : 43,78 ml HCl concentré qsp 500 ml d'eau déminéralisée

### **Tampon Sorensen :**

#### Solution A :

Glycine (Eurobio réf.GEPGLY00-65) : 3,754 g

NaCl (ref Sigma S7653) : 2,924 g

Eau déminéralisée : qsp 50 mL

*Remarque : se garde à 4°C*

#### Tampon Sorensen :

Solution A : 19,10 mL

HCl 1N (ref : Merck 109057) : 30,90 mL

Eau déminéralisée : qsp 500 mL

### **Hémoglobine bovine dénaturée (Hb)**

Hb mère : 50mg/ml (conserver 15 à 21 jours à +4°C)

Hb (ref Sigma H2625 – stockée à + 4°C) : 2,00 g

Eau déminéralisée : 40,00 mL

*Agiter pendant une heure pour réhydrater la solution.*

*Remarque : se garde 15 à 21 jours à 4°C*

Hb fille : à préparer au moment de l'emploi au 1/5

Hb mère (après réhydratation) : 6 mL

Tampon Sorensen : 24 mL

*Remarque : ajuster le pH à 1,9 avec quelques gouttes de HCl 1N ou NaOH 0,5N*

  <b>Unité BIOEPAR</b>	<b>Mode Opérateur</b>	Réf : EPID-MO-04
	<b>Dosage du pepsinogène sérique bovin</b>	Version : 4.0 Date : 09/05/19 Page : 3 / 7

### Acide trichloracétique (TCA) 10

TCA (Sigma T4885 – stocké à +4°C) : 50 g

Eau déminéralisée : qsp 500 mL

*Remarque : se garde 3 mois à température ambiante*

**L-Tyrosine** (conservée en aliquots de 300µL à -20°C) :

Préparer une solution mère à 1g/L

L-Tyrosine (Sigma, réf : 93830 ou T8566-25G) 50 mg

TCA 10 % (Sigma réf :T4885) : 50 ml

10 µg/ml	1 ml solution mère	Compléter avec du TCA 10% dans une fiole jaugée à 100 ml
20 µg/ml	2 ml solution mère	
30 µg/ml	3 ml solution mère	
40 µg/ml	4 ml solution mère	
50 µg/ml	5 ml solution mère	

*Remarque : Solutions filles se gardent plus d'un an à -20°C*

*Remarque : il est obligatoire de tester la gamme (valeurs R<sup>2</sup>, a et b avant toute utilisation et congélation en aliquots)*

### Réactif de FOLIN au 1/3

Dilution au 1/3 de la solution

Folin (réf : Sigma F9252 - stocké à +4°C) : 4 ml

Eau déminéralisée : 8 ml

*Remarque : se garde à 4°C à l'abri de la lumière*

### Témoin positif

Pour faire un témoin positif, il faut pooler au moins 20 sérums (minimum, le plus grand nombre possible est le mieux) ayant une valeur comprise entre 1200 et 1800 mUTyrosine/mL. Il est nécessaire de le doser afin de vérifier la valeur de l'échantillon. Aliquoter par 230 µL, bien identifier et conserver à -20°C.

  <b>Unité BIOEPAR</b>	<b>Mode Opérateur</b>	Réf : EPID-MO-04
	<b>Dosage du pepsinogène sérique bovin</b>	Version : 4.0 Date : 09/05/19 Page : 4 / 7

### III/ PETIT MATERIEL ET CONSOMMABLES

Tubes à hémolyse non stériles en plastique (polypropylène)  
 Agitateur et barreau magnétique  
 Ritips de 50 mL, 5 mL et de 2,5 mL  
 Pointes 200 µL et 1000 µL  
 Pipette multi distributrice  
 Pipettes 200 µL et 1000 µL  
 Microplaquettes 96 puits à fond plat standards NUNC (Dutscher, ref 055140)  
 Minuteur  
 Fioles, béciers

### IV/ PETIT MATERIEL ET CONSOMMABLES

Etuve à 37°C  
 Balance  
 Réfrigérateur à 4°C  
 Vortex  
 Centrifugeuse  
 pH mètre  
 Spectrophotomètre : lecteur de microplaque – filtre 750 nm

### V/ MODE OPERATOIRE

#### *Production de pepsine et attaque de l'hémoglobine : Jour 1 (J1)*

Préparer 3 tubes pour chaque échantillon, et **un** témoin + par manipulation : (26 échantillons par plaque et un témoin positif)

	<b>Tube A</b>	<b>Tube B</b>	<b>Tube C</b>
<b>Sérum</b>	100ml		100ml
<b>Hgb</b>	500ml	500ml	
<b>TCA</b>			1000ml

Agiter les tubes A et C au vortex puis recouvrir le portoir d'une feuille d'aluminium. Incuber 22h dans l'étuve à 37°C.

  <b>Unité BIOEPAR</b>	<b>Mode Opérateur</b>	Réf : EPID-MO-04
	<b>Dosage du pepsinogène sérique bovin</b>	Version : 4.0 Date : 09/05/19 Page : 5 / 7

### Arrêt de la réaction : Jour 2 (J2)

Agiter le tube C au vortex puis le transférer dans le tube B.

Ajouter **1000 µL de TCA 10%** dans le tube A pour arrêter la réaction, à l'aide d'un combitips de 50 mL, et agiter les tubes A et B au vortex.

Centrifuger les tubes A et B pendant 5 minutes à 2200 tours/minute (programme 2).

### Préparation de la gamme étalon de tyrosine (GE)

Tube A :

Concentration GE	Volume GE	NaOH 0,5N	Folin (à déposer au dernier moment)
10 µg/ml	250 µl	500 µL	150 µl
20 µg/ml	250 µl	500 µL	150 µl
30 µg/ml	250 µl	500 µL	150 µl
40 µg/ml	250 µl	500 µL	150 µl
50 µg/ml	250 µl	500 µL	150 µl

Tube B : faire 3 tubes

TCA 10%	NaOH 0,5N	Folin (à déposer au dernier moment)
250 µl	500 µL	150 µl

### Préparation des échantillons

Echantillon	Echantillon (surnageant)	NaOH 0,6N	Folin (à déposer au dernier moment)
Tube A	250 µl	500 µL	150 µl
Tube B	250 µl	500 µL	150 µl

  <b>Unité BIOEPAR</b>	<b>Mode Opérateur</b>	<b>Réf : EPID-MO-04</b>
	<b>Dosage du pepsinogène sérique bovin</b>	Version : 4.0 Date : 09/05/19 Page : 6 / 7

### Coloration

Préparer la dilution de la solution de Folin. Déposer 150µL de cette solution dans les tubes A et B de la gamme étalon et des échantillons (en commençant de préférence par le dépôt dans les tubes B). Lancer le minuteur sur 30 min et bien vortexer les tubes.

Déposer 300µL de la gamme étalon et des échantillons selon le plan de plaque suivant :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	Tyr 10 Tube A	Tyr 10 Tube A	Tube B	Sérum 3 Tube A	Sérum 3 Tube A	Sérum 3 Tube B	Sérum 11 Tube A	Sérum 11 Tube A	Sérum 11 Tube B	Sérum 19 Tube A	Sérum 19 Tube A	Sérum 19 Tube B
	Tyr 20 Tube A	Tyr 20 Tube A	Tube B	Sérum 4 Tube A	Sérum 4 Tube A	Sérum 4 Tube B	Sérum 12 Tube A	Sérum 12 Tube A	Sérum 12 Tube B	Sérum 20 Tube A	Sérum 20 Tube A	Sérum 20 Tube B
C	Tyr 30 Tube A	Tyr 30 Tube A	Tube B	Sérum 5 Tube A	Sérum 5 Tube A	Sérum 5 Tube B	Sérum 13 Tube A	Sérum 13 Tube A	Sérum 13 Tube B	Sérum 21 Tube A	Sérum 21 Tube A	Sérum 21 Tube B
	Tyr 40 Tube A	Tyr 40 Tube A	Tube B	Sérum 6 Tube A	Sérum 6 Tube A	Sérum 6 Tube B	Sérum 14 Tube A	Sérum 14 Tube A	Sérum 14 Tube B	Sérum 22 Tube A	Sérum 22 Tube A	Sérum 22 Tube B
E	Tyr 50 Tube A	Tyr 50 Tube A	Tube B	Sérum 7 Tube A	Sérum 7 Tube A	Sérum 7 Tube B	Sérum 15 Tube A	Sérum 15 Tube A	Sérum 15 Tube B	Sérum 23 Tube A	Sérum 23 Tube A	Sérum 23 Tube B
	Témoin + Tube A	Témoin + Tube A	Témoin + Tube B	Sérum 8 Tube A	Sérum 8 Tube A	Sérum 8 Tube B	Sérum 16 Tube A	Sérum 16 Tube A	Sérum 16 Tube B	Sérum 24 Tube A	Sérum 24 Tube A	Sérum 24 Tube B
G	Sérum 1 Tube A	Sérum 1 Tube A	Sérum 1 Tube B	Sérum 9 Tube A	Sérum 9 Tube A	Sérum 9 Tube B	Sérum 17 Tube A	Sérum 17 Tube A	Sérum 17 Tube B	Sérum 25 Tube A	Sérum 25 Tube A	Sérum 25 Tube B
	Sérum 2 Tube A	Sérum 2 Tube A	Sérum 2 Tube B	Sérum 10 Tube A	Sérum 10 Tube A	Sérum 10 Tube B	Sérum 18 Tube A	Sérum 18 Tube A	Sérum 18 Tube B	Sérum 26 Tube A	Sérum 26 Tube A	Sérum 26 Tube B

Il est important de ne pas oublier de faire un plan de plaque papier.

Noter la température de la pièce dans le cahier de laboratoire

### Lecture

La mesure de la densité optique (DO) s'effectue à 750nm au lecteur de microplaque.

Exporter les résultats sur la clé USB à disposition

  Unité BIOEPAR	<b>Mode Opérateur</b>	Réf : <b>EPID-MO-04</b>
	<b>Dosage du pepsinogène sérique bovin</b>	Version : 4.0 Date : 09/05/19 Page : 7 / 7

## Résultats

$$\text{Sérum (mU tyrosine)} = \frac{(\text{DO moyenne A} - \text{DO moyenne B}) - b}{A}$$

Avec :

*DO = Densité optique*

*a = coefficient directeur de la droite de régression linéaire de la gamme étalon*

*b = ordonnée à l'origine*

Enregistrer le fichier dans le logiciel Révélation sous la forme : « **pepsi\_ \_aammjjPx** »

Avec \_ \_ = espaces

*aa = année*

*mm = mois*

*jj = jour*

*Px = numéro de la plaque (s'il y en a plusieurs)*

Ouvrir un ancien fichier «pepsi » (à partir d'avril 2019 soit pepsi 190401)

Enregistrer sous (dans le dossier correspondant aux sauvegardes des résultats) en modifiant la date du fichier comme indiqué précédemment.

Modifier et rentrer le nom des échantillons dans l'onglet

Ouvrir les résultats sauvegardés sur la clé USB et les ouvrir avec Excel

Sélectionner l'ensemble de la page, copier et coller ses résultats sur le fichier final «pepsi19 ... », dans l'onglet data.

Vérifier les valeurs de *a*, *b* et du témoin positif avant de valider les résultats.

La valeur de  $R^2$  doit être comprise entre 0,98 et 0,999. La valeur de *b* inférieure à 0,05 et le témoin positif supérieur à 1500 mUnité de Tyrosine/mL. Enregistrer les valeurs de *a* et témoin positif dans le dossier « suivi des témoins ». Noter les valeurs de *a* et *b* dans le cahier de laboratoire.

Imprimer la page « Résultats » et l'archiver dans le classeur « Analyses » dans le labo de Diag (et un autre exemplaire si besoin selon le protocole de recherche).

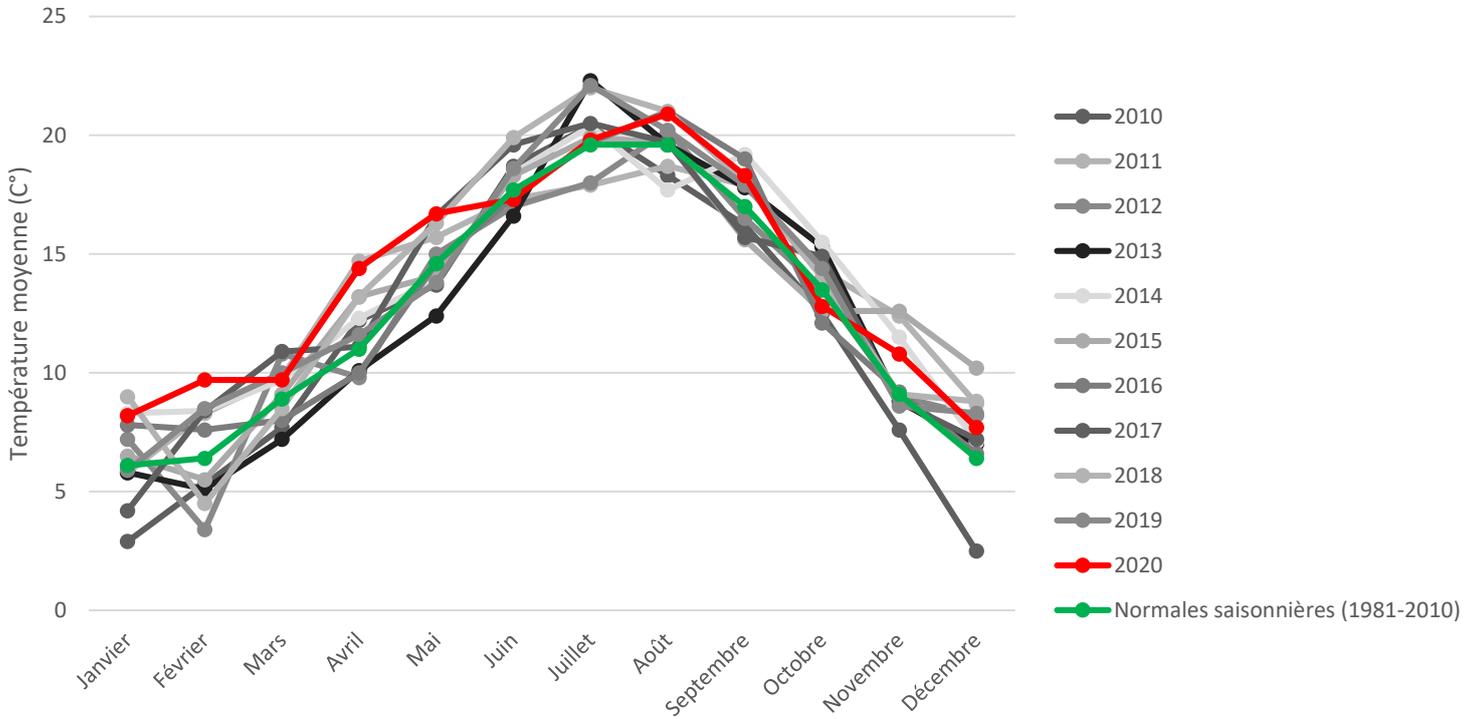
Les résultats doivent être validés par un supérieur hiérarchique.

## **VI/ REFERENCE**

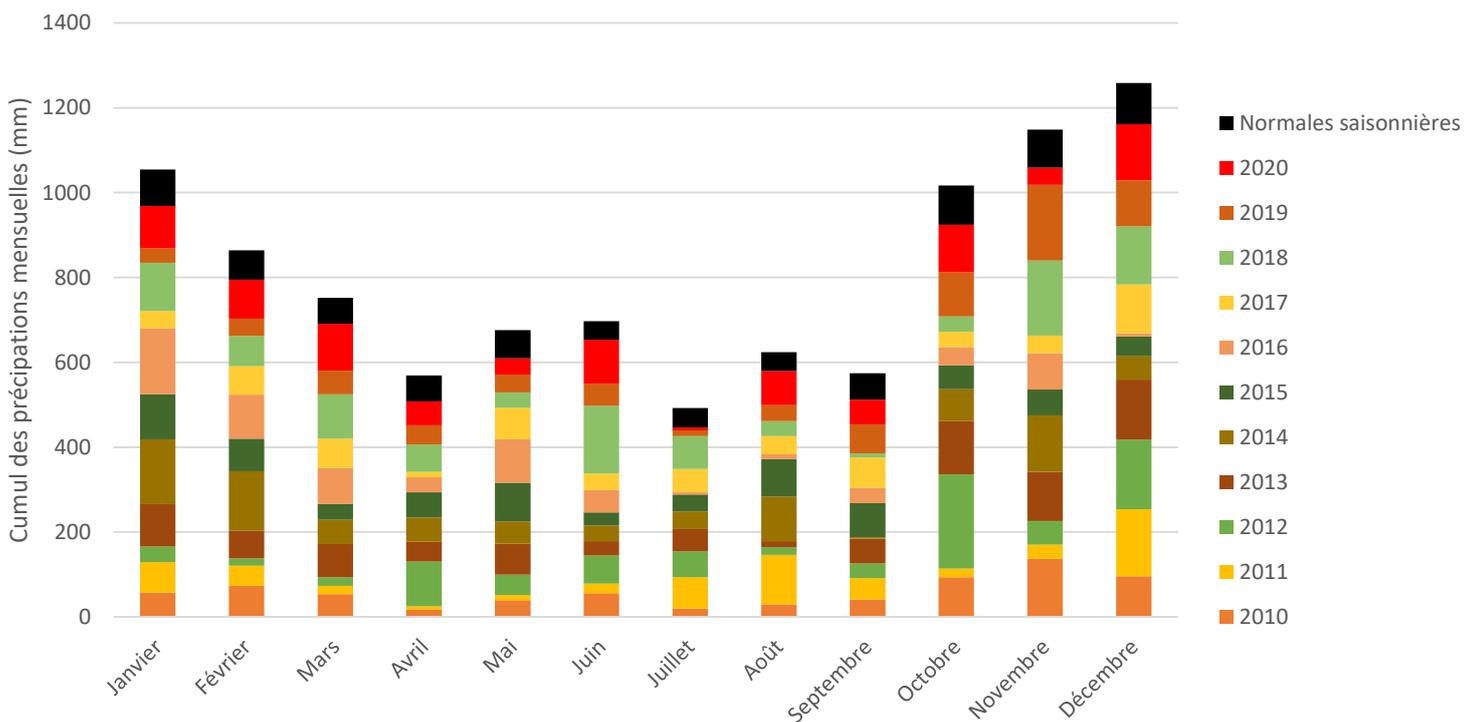
Publication : D. KERBOEUF, C. KOCH, E. LE DREAN, A. LACOURT : Méthode simplifiée de mesure de la concentration en pepsinogène dans le sérum, Revue Méd. Vét., 2002

Annexe 2 - Relevés météorologiques des différentes stations utilisées pour les modélisations Parasit'sim

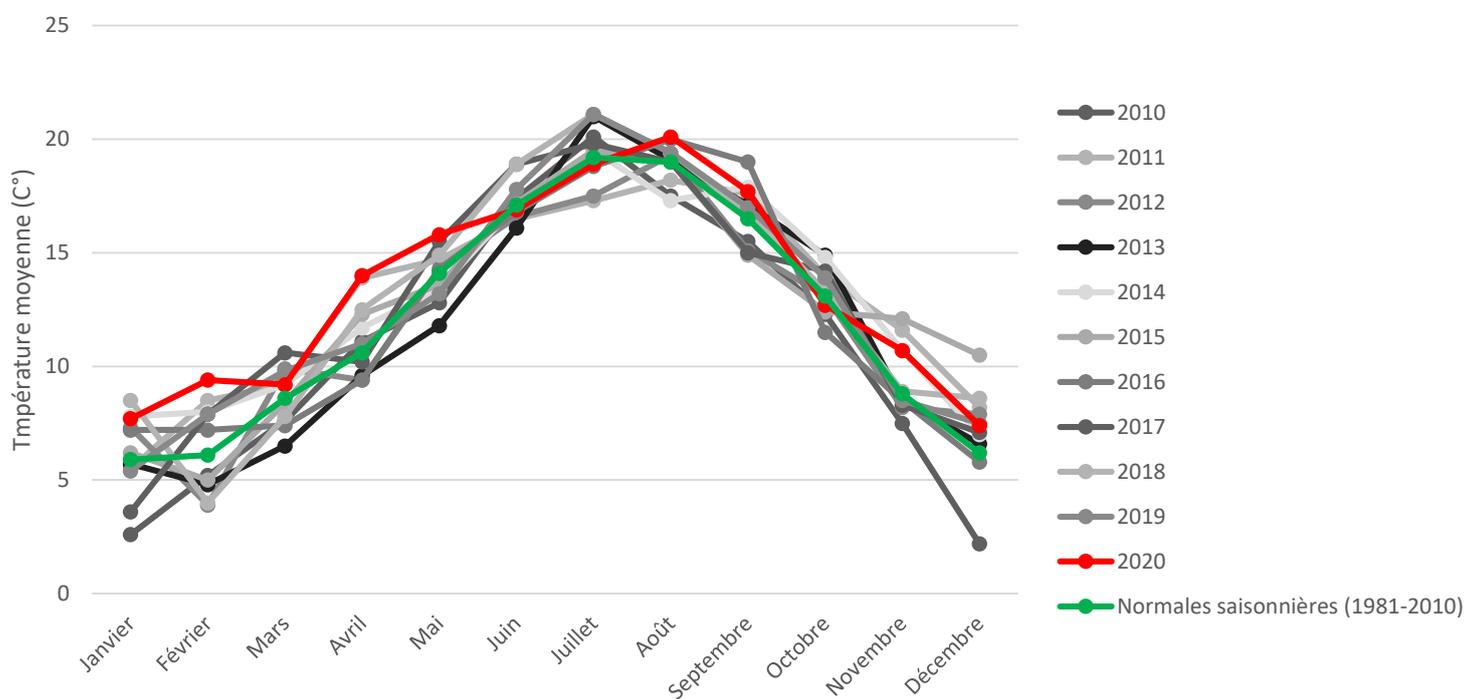
Températures mensuelles au cours des années 2010 à 2020  
Station Nantes -Atlantique (44)



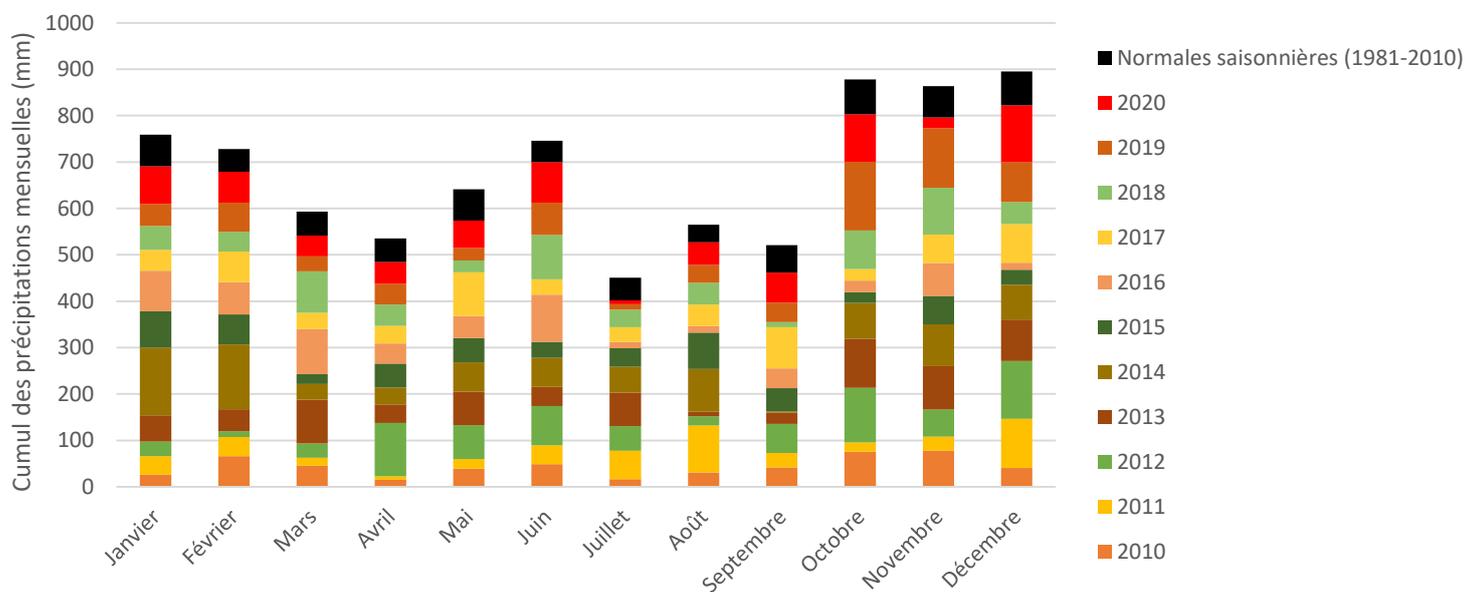
Cumul des précipitations au cours des années 2010 à 2020  
Station Nantes-Atlantique (44)



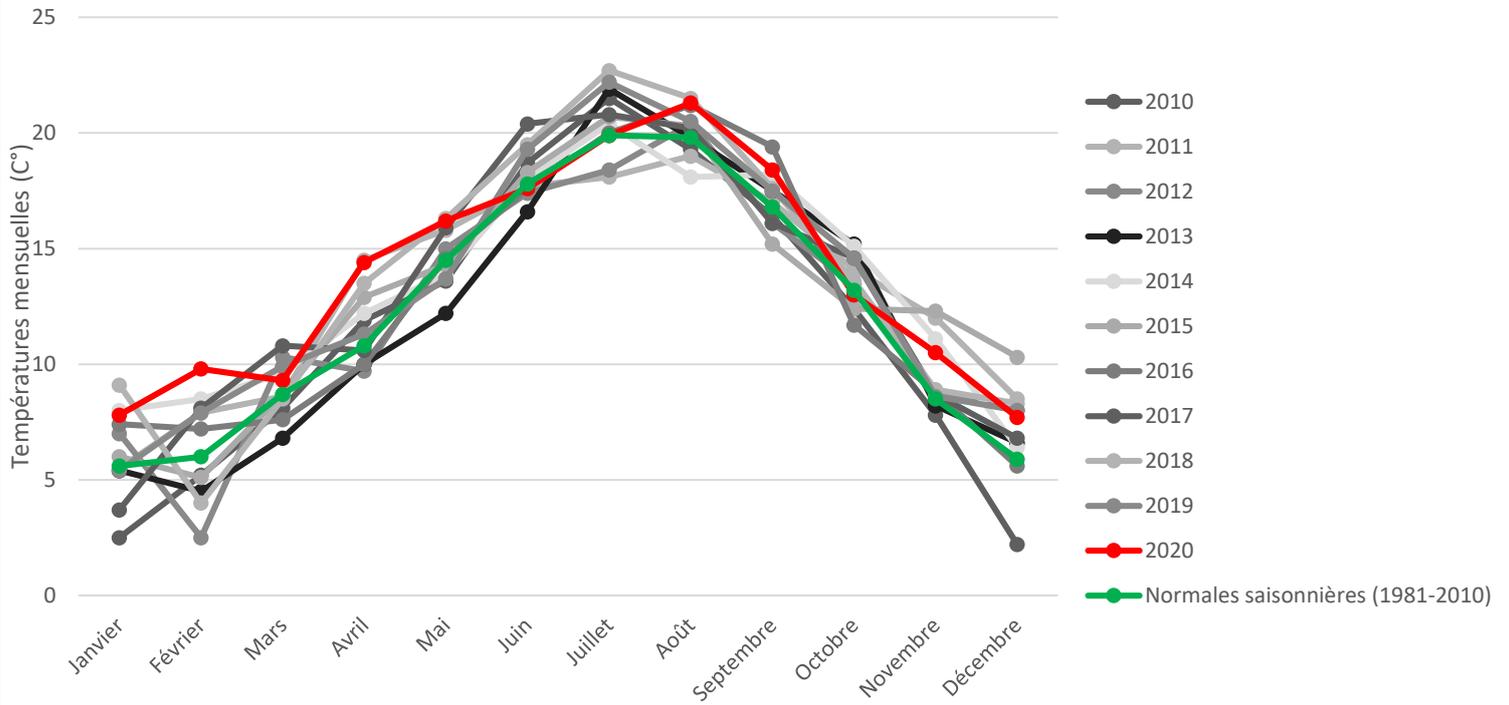
## Températures mensuelles au cours des années 2010 à 2020 Station Rennes (35)



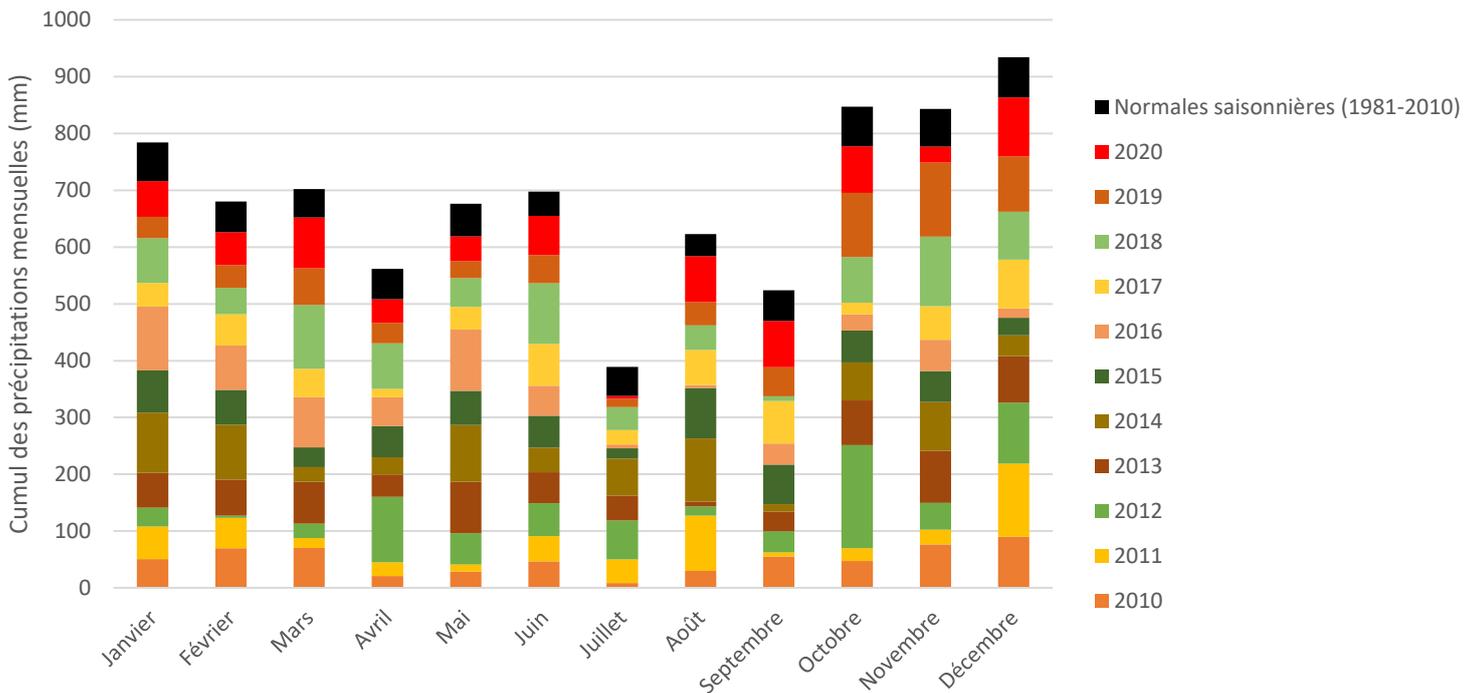
## Cumul des précipitations mensuelles au cours des années 2010 à 2020 Station Rennes (35)



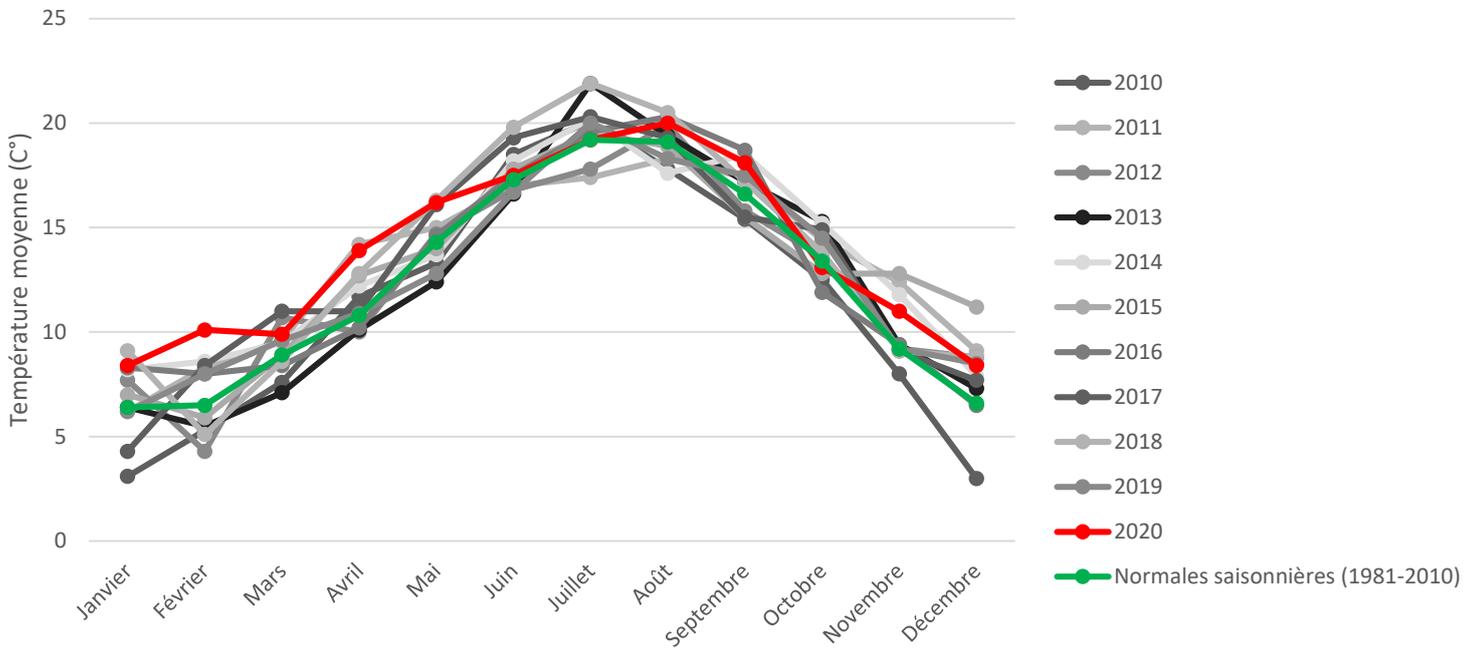
## Températures mensuelles au cours des années 2010 à 2020 Station Angers - Beaucouzé (49)



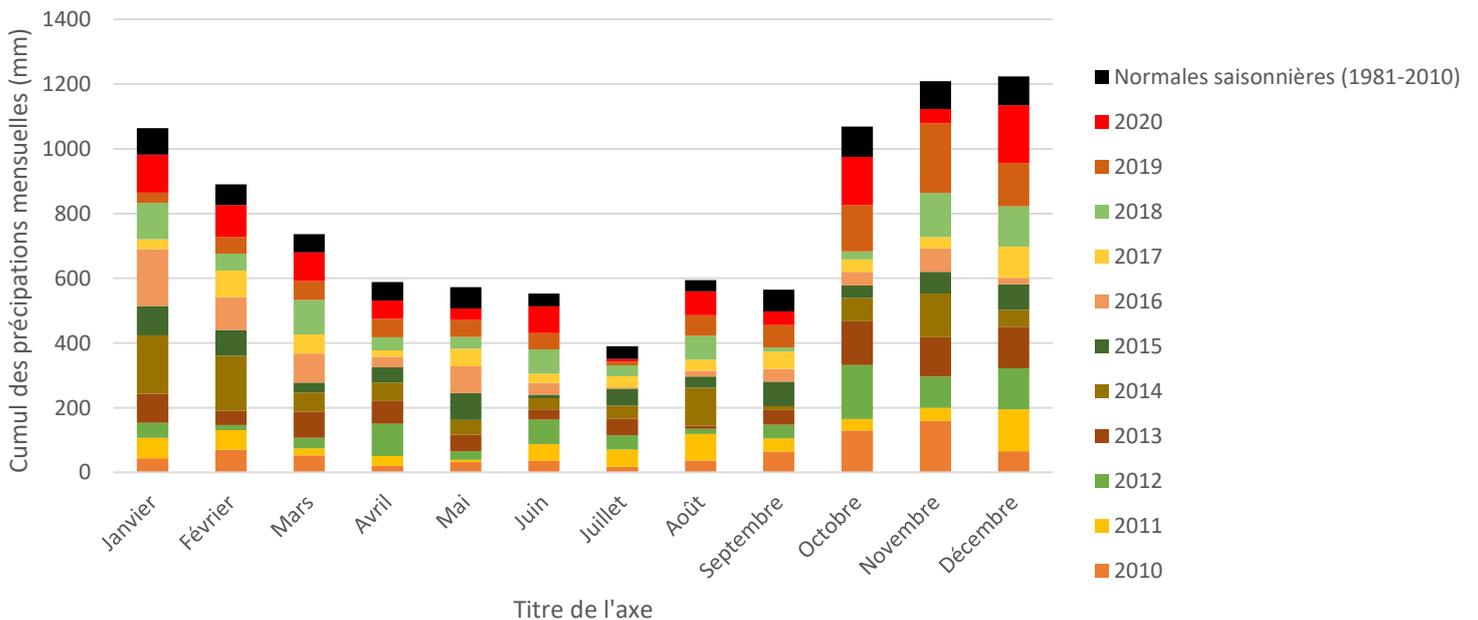
## Cumul des précipitations au cours des années 2010 à 2020 Station Angers - Beaucouzé (49)



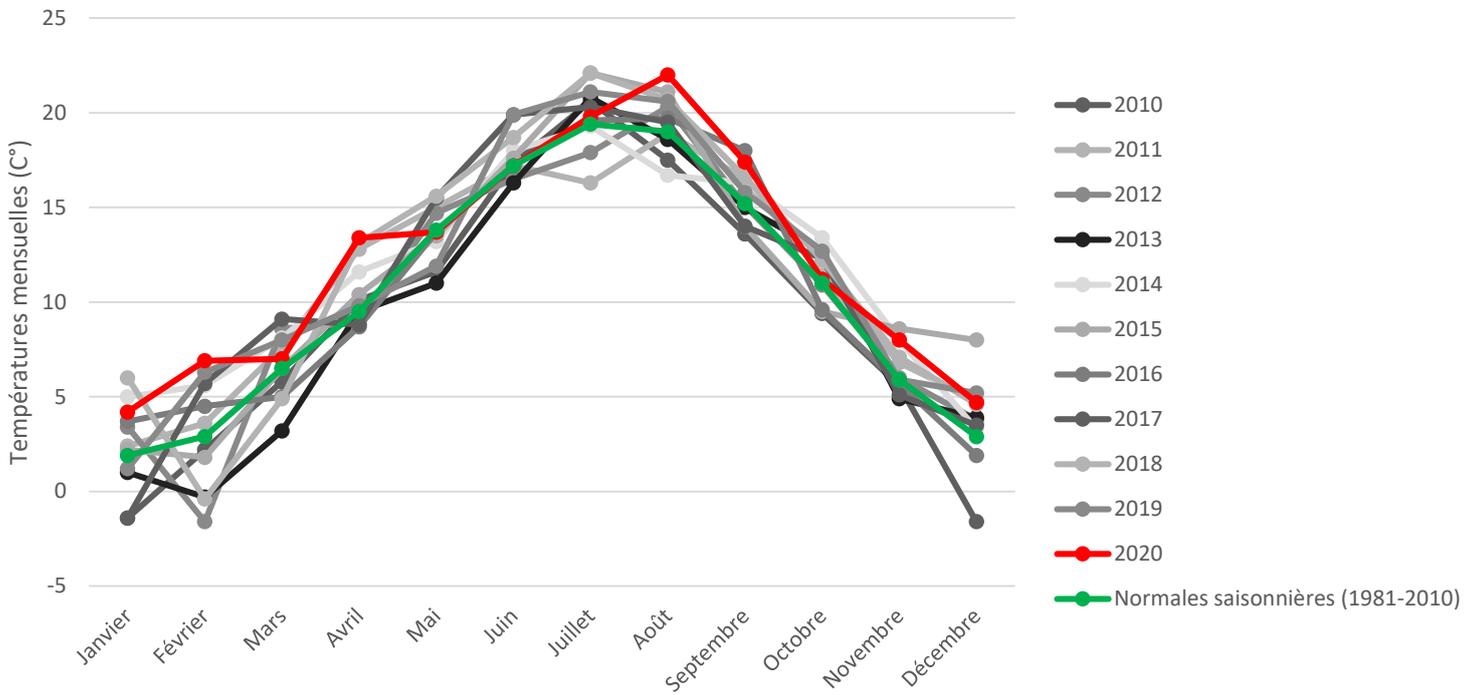
## Températures mensuelles au cours des années 2010 à 2020 Station Saint-Nazaire (44)



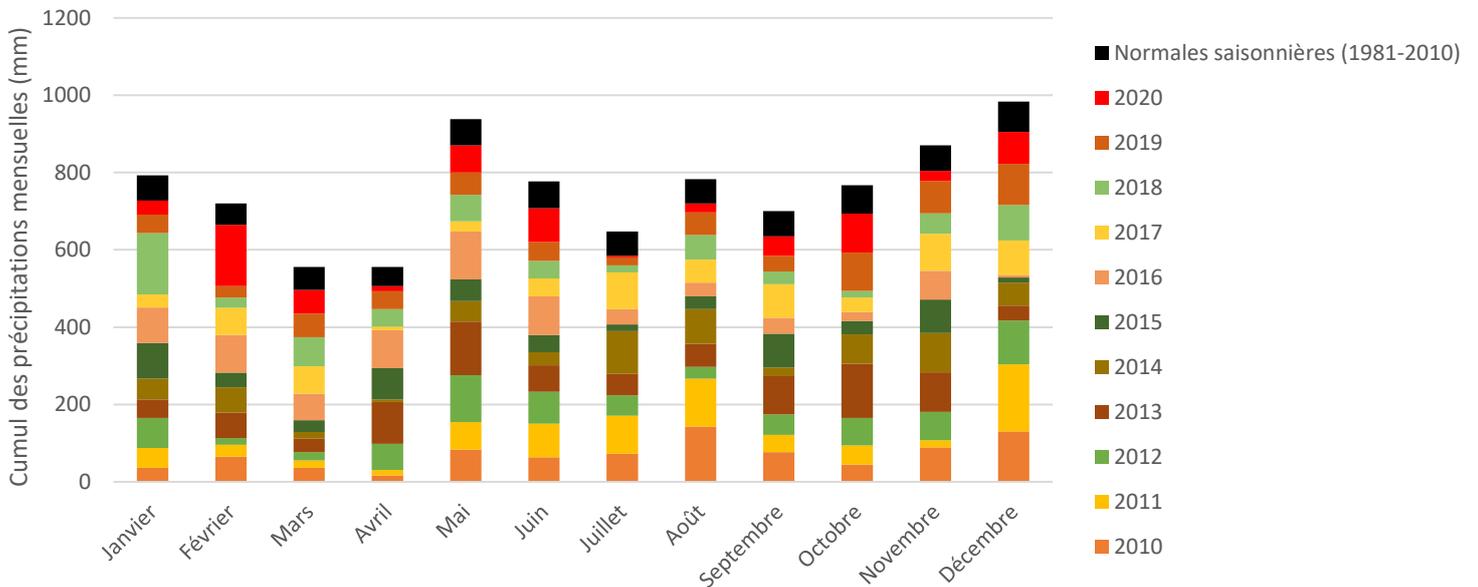
## Cumul des précipitations mensuelles au cours des années 2010 à 2020 Station Saint-Nazaire (44)



## Températures mensuelles au cours des années 2010 à 2020 Station Nancy (54)



## Cumul des précipitations mensuelles au cours des années 2010 à 2020 Station Nancy (54)



## Suivi d'infestation par les strongles gastro-intestinaux chez les génisses laitières de seconde saison de pâturage élevées sous nourrices en première saison de pâturage

Les veaux laitiers élevés avec des nourrices en première saison de pâturage (SP1) sont faiblement exposés au strongles gastro-intestinaux (SGI) (alimentation lactée et effet de dilution). Ceci pourrait influencer l'acquisition de l'immunité anti-SGI et donc l'infestation des génisses sevrées en seconde saison de pâturage (SP2). L'objectif de cette étude était de décrire et évaluer les variations de l'infestation par les SGI en SP2 chez des génisses issues de lots de veaux sous nourrices en SP1. Dans 34 lots de génisses en SP2 (n= 312) provenant de 19 élevages pratiquant la conduite des veaux sous nourrices, un suivi parasitaire en 3 points (mise à l'herbe, été et rentrée en stabulation) a été réalisé avec une coproscopie, un dosage du niveau de pepsinogène et d'anticorps anti-*Ostertagia* réalisés à chaque point sur chaque individu. La variabilité inter-lot des marqueurs parasitaires de fin de saison de pâturage a été analysée à l'aide d'une régression logistique.

Chez les génisses qui avaient eu une courte SP1, l'évolution des 3 marqueurs parasitaires en SP2 correspondait à celle observée chez des animaux non immuns, mais les génisses avec une longue SP1 (>180 jours) montraient une faible excrétion fécale indiquant le développement d'une immunité. De plus, quelle que soit la durée de la SP1, le niveau de pepsinogène et d'anticorps anti-*Ostertagia* en fin de saison étaient élevés, surtout si l'exposition en SP1 avait été faible (faible recyclage parasitaire et effet de dilution lié à un faible ration veau/nourrice). Les valeurs élevées de pepsinogène et d'ODR *Ostertagia* en fin de SP2 indiquent *a minima* un recyclage parasitaire important dont les conséquences sur les performances (croissance, reproduction) des génisses devraient être évaluées.

**Mots clés** : bovins laitiers, veau, vaches nourrices, agriculture biologique, strongle digestif, seconde saison de pâturage, pepsinogène

JURY

Président : Monsieur Patrick LUSTENBERGER, Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Membres : Madame Nadine RAVINET, Maître de conférences à Oniris

Monsieur Christophe CHARTIER, Professeur à Oniris