

HELMINTHOFAUNE DES CAPRINS EN SAONE-ET-LOIRE

INFLUENCE DU PATURAGE MIXTE AVEC LES BOVINS

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2003
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Virginie DOUMENC

Née, le 6 septembre 1975 à SENLIS (Oise)

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

JURY

PRESIDENT :
M. Georges LARROUY

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :
M. Philippe JACQUIET
M. Philippe DORCHIES

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

MEMBRE INVITE :
M. Christophe CHARTIER

Docteur Vétérinaire

SOMMAIRE

Index des tableaux..... Erreur! Signet non défini.

Index des figures..... Erreur! Signet non défini.

Introduction..... Erreur! Signet non défini.

Etude bibliographique Erreur! Signet non défini.

1. L'élevage caprin en France : quelques chiffres..... Erreur! Signet non défini.

1.1. Effectifs Erreur! Signet non défini.

1.2. Répartition régionale..... Erreur! Signet non défini.

1.3. Les animaux..... Erreur! Signet non défini.

1.4. La production laitière et fromagère Erreur! Signet non défini.

1.5. La viande caprine..... Erreur! Signet non défini.

2. Le parasitisme helminthique caprin : généralités..... Erreur! Signet non défini.

2.1. Les principales espèces rencontrées chez les caprins en FranceErreur! Signet non défini.

2.1.1. Les caprins : des animaux polyparasités..... Erreur! Signet non défini.

2.1.2. Les cycles parasitaires Erreur! Signet non défini.

2.1.2.1. Cycles directs et indirects Erreur! Signet non défini.

2.1.2.2. Cycles longs et courts..... Erreur! Signet non défini.

2.1.3. Comparaison avec les autres espèces Erreur! Signet non défini.

2.2. Rôles pathogènes des helminthes Erreur! Signet non défini.

2.2.1. Pathogénie des strongles gastro-intestinaux Erreur! Signet non défini.

2.2.1.1. Perturbation de l'assimilation des aliments Erreur! Signet non défini.

2.2.1.2. Effet mécanique des parasites Erreur! Signet non défini.

2.2.1.3. Rôle des produits d'excrétion-sécrétion Erreur! Signet non défini.

2.2.2. Rôles pathogènes des trématodes..... Erreur! Signet non défini.

2.2.3. Rôles pathogènes des protostrongles..... Erreur! Signet non défini.

2.3. Impact économique du parasitisme helminthique Erreur! Signet non défini.

2.3.1. Impact global..... Erreur! Signet non défini.

2.3.2. Conséquences sur la production laitière Erreur! Signet non défini.

3. Epidémiologie des helminthoses caprines : estimation du risque parasitaire

Erreur! Signet non défini.

3.1. Estimation individuelle : animaux à risque Erreur! Signet non défini.

3.1.1. Races..... Erreur! Signet non défini.

3.1.2. Age Erreur! Signet non défini.

3.1.3. Statut physiologique Erreur! Signet non défini.

3.1.4. Niveau de production Erreur! Signet non défini.

- 3.1.5. [Nutrition](#)..... Erreur! Signet non défini.
- 3.2. [Estimation temporelle : périodes à risque](#) Erreur! Signet non défini.
- 3.2.1. [Influence du climat et du mode d'élevage](#)..... Erreur! Signet non défini.
- 3.2.2. [Estimation des périodes à risque pour les principales parasitoses en zone tempérée](#) **Erreur! Signet non défini.**
- 3.3. [Estimation spatiale : zones à risque](#) Erreur! Signet non défini.
- 3.3.1. [Localisation du risque à grande échelle : continents ou pays](#)Erreur! Signet non défini.
- 3.3.2. [Facteurs intervenant dans la localisation du risque à une échelle plus petite](#) **Erreur! Signet non défini.**
- 3.3.2.1. [Topographie, géologie et pédologie](#) Erreur! Signet non défini.
- 3.3.2.2. [La végétation](#)..... Erreur! Signet non défini.
- 3.4. [Modifications du risque par l'action de l'homme sur l'environnement](#)Erreur!
Signet non défini.
- 3.4.1. [Interventions à but agronomique](#)..... Erreur! Signet non défini.
- 3.4.2. [Interventions à but zootechnique](#) Erreur! Signet non défini.
- 4. [Méthodes de lutte antiparasitaire](#)..... Erreur! Signet non défini.**
- 4.1. [Le traitement anthelminthique et ses limites : cas de la résistance des nématodes du tube digestif](#)..... Erreur! Signet non défini.
- 4.1.1. [Principales molécules utilisées, spectres, modes d'action](#)Erreur! Signet non défini.
- 4.1.2. [Un problème majeur : la résistance des parasites aux anthelminthiques](#) **Erreur! Signet non défini.**
- 4.1.2.1. [Pourquoi l'émergence des résistances ?](#) Erreur! Signet non défini.
- a) [Fréquence d'utilisation](#)..... Erreur! Signet non défini.
- b) [Utilisation de procédés rémanents](#) Erreur! Signet non défini.1
- c) [Sous dosages et sur dosages](#) Erreur! Signet non défini.
- 4.1.2.2. [Ampleur de la résistance aux anthelminthiques](#)Erreur! Signet non défini.
- 4.2. [Reconcevoir le traitement anthelminthique chez les caprins](#)Erreur! Signet non défini.
- 4.2.1. [Facteurs de variation de l'activité anthelminthique chez les caprins](#)Erreur!
Signet non défini.
- 4.2.2. [Les principes d'une bonne vermifugation](#)..... Erreur! Signet non défini.
- 4.2.2.1. [Adapter la dose aux caprins](#) Erreur! Signet non défini.
- 4.2.2.2. [Administration per os](#) Erreur! Signet non défini.
- 4.2.2.3. [Vermifugation du troupeau](#)..... Erreur! Signet non défini.
- a) [Diminuer la fréquence des traitements anthelminthiques](#)Erreur! Signet non défini.
- b) [Alterner ou associer les familles d'anthelminthiques](#)Erreur! Signet non défini.
- 4.2.2.4. [Traitement anthelminthique ciblé](#)..... Erreur! Signet non défini.
- 4.3. [Alternatives aux traitements anthelminthiques](#)..... Erreur! Signet non défini.
- 4.3.1. [Méthodes de lutte visant les stades parasitaires à l'intérieur de l'hôte](#)Erreur!
Signet non défini.
- 4.3.1.1. [La vaccination](#) Erreur! Signet non défini.
- 4.3.1.2. [Les compléments alimentaires](#) Erreur! Signet non défini.
- 4.3.1.3. [Sélection d'animaux génétiquement résistants au parasitisme](#)Erreur!
Signet non défini.

4.3.2.	<u>Méthodes de lutte visant les stades parasitaires libres</u>	Erreur! Signet non défini.
4.3.2.1.	<u>Le contrôle biologique</u>	Erreur! Signet non défini.
4.3.2.2.	<u>Les méthodes de gestion du pâturage</u>	Erreur! Signet non défini.
a)	<u>La stratégie de prévention</u>	Erreur! Signet non défini.
b)	<u>La stratégie d'évasion</u>	Erreur! Signet non défini.
c)	<u>La stratégie de dilution</u>	Erreur! Signet non défini.
5.	<u>Pâturage d'hôtes hétérologues et lutte anthelminthique</u>	... Erreur! Signet non défini.
5.1.	<u>Spécificité d'hôte et importance des infestations parasitaires croisées</u>	Erreur!
	Signet non défini.	
5.1.1.	<u>Qu'est ce que la spécificité d'hôte ?</u>	Erreur! Signet non défini.
5.1.2.	<u>Les contaminations croisées</u>	Erreur! Signet non défini.
5.1.2.1.	<u>Cas d'Ostertagia ostertagi</u>	Erreur! Signet non défini.
5.1.2.2.	<u>Cas de Cooperia spp</u>	Erreur! Signet non défini.
5.1.2.3.	<u>Cas d'Haemonchus contortus</u>	Erreur! Signet non défini.
5.1.2.4.	<u>Cas de Trichostrongylus axei</u>	Erreur! Signet non défini.
5.1.2.5.	<u>Les bovins : des recycleurs potentiels pour des parasites de caprins ?</u>	Erreur! Signet non défini.
5.1.2.6.	<u>Conclusion sur l'importance des infestations croisées dans le pâturage d'hôtes hétérologues</u>	Erreur! Signet non défini.
5.2.	<u>Efficacité du pâturage mixte dans le contrôle du parasitisme helminthique</u>	Erreur!
	Signet non défini.	
5.2.1.	<u>Conséquences parasitologiques du pâturage alterné</u>	Erreur! Signet non défini.
	défini.	
5.2.1.1.	<u>Les succès</u>	Erreur! Signet non défini.
5.2.1.2.	<u>Les échecs</u>	Erreur! Signet non défini.
5.2.2.	<u>Les avantages du pâturage continu</u>	Erreur! Signet non défini.
5.3.	<u>Les caprins et la gestion du pâturage</u>	Erreur! Signet non défini.
6.	<u>Conclusion de l'étude bibliographique</u>	Erreur! Signet non défini.
	<u>Etude personnelle</u>	Erreur! Signet non défini.
1.	<u>Objectifs</u>	Erreur! Signet non défini.
1.1.	<u>Nature du parasitisme helminthique des caprins en Saône et Loire</u>	Erreur! Signet non défini.
	non défini.	
1.2.	<u>Comparaison du parasitisme dans les troupeaux caprins et les troupeaux mixtes caprins-bovins</u>	Erreur! Signet non défini.
2.	<u>Matériels et méthodes</u>	Erreur! Signet non défini.
2.1.	<u>Description du cadre de l'étude</u>	Erreur! Signet non défini.
2.1.1.	<u>Présentation de la zone d'élevage : la Saône et Loire</u>	Erreur! Signet non défini.
	défini.	
2.1.1.1.	<u>Milieu naturel, relief et climat</u>	Erreur! Signet non défini.
2.1.1.2.	<u>Le berceau de la race bovine charolaise</u>	Erreur! Signet non défini.
2.1.1.3.	<u>L'élevage caprin</u>	Erreur! Signet non défini.
2.1.2.	<u>Sélection des exploitations caprines</u>	Erreur! Signet non défini.
2.1.3.	<u>Les animaux</u>	Erreur! Signet non défini.
2.2.	<u>Récolte des données</u>	Erreur! Signet non défini.
2.2.1.	<u>Analyses réalisées avant la mort des animaux</u>	Erreur! Signet non défini.
2.2.1.1.	<u>Mesure de l'hématocrite</u>	Erreur! Signet non défini.

2.2.1.2.	Notation des muqueuses par la méthode FAMACHA®	Erreur! Signet non défini.
2.2.1.3.	Coprosopies	Erreur! Signet non défini.
2.2.2.	Analyses de laboratoire post mortem	Erreur! Signet non défini.
2.2.2.1.	Autopsies	Erreur! Signet non défini.
a)	Appareil digestif	Erreur! Signet non défini.
â)	Rumen et réseau	Erreur! Signet non défini.
â)	Cæcum, colon et colon spiral	Erreur! Signet non défini.
ã)	Foie	Erreur! Signet non défini.
b)	Appareil respiratoire	Erreur! Signet non défini.
2.3.	Analyses parasitologiques sur les caillettes et les intestins grêles	Erreur! Signet non défini.
2.3.1.	Préparation et traitement des viscères	Erreur! Signet non défini.
2.3.2.	Récolte des parasites	Erreur! Signet non défini.
2.3.3.	Diagnose des helminthes	Erreur! Signet non défini.
2.4.	L'analyse des données	Erreur! Signet non défini.
3.	Résultats	Erreur! Signet non défini.
3.1.	Résultats généraux	Erreur! Signet non défini.
3.1.1.	Les différents parasites recensés	Erreur! Signet non défini.
3.1.2.	Prévalences et/ou charges parasitaires	Erreur! Signet non défini.
3.1.2.1.	Parasites de la caillette, de l'intestin grêle et du gros intestin	Erreur! Signet non défini.
	Signet non défini.	
3.1.2.2.	Nématodes de l'appareil respiratoire, cestodes et trématodes	Erreur! Signet non défini.
	Signet non défini.	
3.1.3.	Valeurs coproscopiques	Erreur! Signet non défini.
3.1.3.1.	Résultats généraux	Erreur! Signet non défini.
3.1.3.2.	Cas des strongles gastro-intestinaux	Erreur! Signet non défini.
3.1.3.3.	Cas des paramphistomes	Erreur! Signet non défini.
3.1.4.	Analyse FAMACHA®	Erreur! Signet non défini.
3.2.	Distribution du parasitisme helminthique selon le niveau de mixité des troupeaux avec les bovins	Erreur! Signet non défini.
3.2.1.	Helminthes de la caillette	Erreur! Signet non défini.
3.2.2.	Helminthes de l'intestin grêle	Erreur! Signet non défini.
3.2.3.	Helminthes du gros intestin	Erreur! Signet non défini.
3.2.4.	Autres parasites	Erreur! Signet non défini.
3.3.	Richesse spécifique, diversité et équitabilité des populations de nématodes selon le niveau de mixité des élevages	Erreur! Signet non défini.
3.4.	Approche globale synthétique par Analyse Factorielle Discriminante (AFD)	Erreur! Signet non défini.
	Erreur! Signet non défini.	
3.4.1.	Principes	Erreur! Signet non défini.
3.4.2.	Résultats	Erreur! Signet non défini.
4.	Discussion	Erreur! Signet non défini.
4.1.	Le protocole d'étude : les points forts et les points faibles	Erreur! Signet non défini.
	défini.	
4.1.1.	Les élevages	Erreur! Signet non défini.
4.1.2.	Les animaux	Erreur! Signet non défini.
4.1.3.	Le moment de l'étude	Erreur! Signet non défini.
4.1.4.	Préparation et traitement de la caillette	Erreur! Signet non défini.

4.2. L'helminthofaune caprine en Saône et Loire : des particularités ? Erreur! Signet non défini.

- 4.2.1. Une population helminthique riche et variée Erreur! Signet non défini.
- 4.2.2. Prévalences et intensités d'infestation Erreur! Signet non défini.
 - 4.2.2.1. Helminthes de la caillette..... Erreur! Signet non défini.
 - 4.2.2.2. Helminthes de l'intestin grêle Erreur! Signet non défini.
 - 4.2.2.3. Helminthes du gros intestin..... Erreur! Signet non défini.
 - 4.2.2.4. Trématodes..... Erreur! Signet non défini.
- 4.2.3. Données coproscopiques Erreur! Signet non défini.
 - 4.2.3.1. Strongles gastro-intestinaux Erreur! Signet non défini.
 - 4.2.3.2. Paramphistomes..... Erreur! Signet non défini.
 - 4.2.3.3. Score FAMACHA® Erreur! Signet non défini.

4.3. La mixité caprins-bovins modifie t'elle l'helminthofaune des caprins ? Erreur!

Signet non défini.

- 4.3.1. Importance qualitative et quantitative de l'acquisition par les caprins de parasites de bovins Erreur! Signet non défini.
 - 4.3.2. Richesse spécifique et diversité des populations selon le niveau de mixité des élevages..... Erreur! Signet non défini.
- 4.4. La mixité modifie t'elle l'intensité du parasitisme des caprins ? Erreur! Signet non défini.**
- 4.5. Mixité et dilution du risque parasitaire Erreur! Signet non défini.

5. Conclusion de la partie expérimentale Erreur! Signet non défini.

Conclusion Erreur! Signet non défini.

Bibliographie Erreur! Signet non défini.

Annexes Erreur! Signet non défini.

TABLEAUX

- [Tableau n°1 : Répartition régionale du nombre d'exploitations et de chèvres et taille moyenne des élevages pour l'année 1997.....](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°2 : Principaux helminthes des caprins en France, organes cibles, groupe, et circonstances de contamination.....](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°3 : Cycles des principaux parasites de caprins : caractéristiques générales, durée de la phase à l'intérieur de l'hôte et de la phase à l'extérieur de l'hôte ruminant](#)**Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°4 : Influence de l'environnement et de l'action de l'Homme sur l'infestation parasitaire d'ovins en Limousin](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°5 : Molécules actives, spectres d'activité et modes d'action des principaux anthelminthiques utilisés en élevage caprin](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°6 : Principaux helminthes chimiorésistants chez les animaux de rente ou de loisir](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°7 : Principaux anthelminthiques stronglycides pour les petits ruminants et posologies spécifiques chez les caprins](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°8 : Nombre de mâles adultes des espèces *O. ostertagi* et *T. circumcincta* trouvés chez des chèvres ayant pâTURÉ sur des parcelles contaminées par ces parasites](#)**Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°9 : Charges parasitaires moyennes et pourcentages des différentes espèces d'*Ostertagia* spp. chez les veaux, les agneaux et les chevreaux](#)**Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°10 : Comptages de *T. axei* et d'*O. ostertagi* dans la caillette de 10 paires ovins-bovins.....](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°11: Caractéristiques générales des 22 élevages de l'étude](#)**Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°12: Caractéristiques de mixité des 22 élevages de l'étude](#)**Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°13 : Clés d'identification utilisées pour des familles, genres ou espèces particuliers](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n° 14 : Récapitulatif des helminthes digestifs et respiratoires des caprins dans 22 élevages de Saône et Loire.....](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°15 : Prévalences et charges parasitaires moyennes des helminthes de la caillette, de l'intestin grêle et du gros intestin](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°16 : Prévalences des espèces de nématodes de l'appareil respiratoire, de cestodes et de trématodes](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°17: Valeurs moyennes d'OPG pour les huit groupes parasitaires recensés lors des coproscopies et prévalences correspondantes](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°18 : Strongles gastro-intestinaux : résultats coproscopiques, charges parasitaires moyennes et pourcentages d'animaux concernés.....](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°19 : Paramphistomes : classes d'OPG, charges parasitaires moyennes et effectif pour les trois classes](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°20 : Nombre de chèvres, valeur d'hématocrite, charge moyenne en *H. contortus*, charge coproscopique en strongles gastro-intestinaux \(SGI\) et nombre total de vers en fonction du score FAMACHA®](#) **Erreur! Signet non défini.**
- [Tableau n°21 : Parasites de la caillette : prévalences et charges moyennes selon l'indice de mixité du groupe d'élevages \(indice d'ordre croissant\)](#) **Erreur! Signet non défini.**

- Tableau n°22 : Parasites de l'intestin grêle : prévalence et charge moyenne selon l'indice de mixité du groupe d'élevages (indice d'ordre croissant) **Erreur! Signet non défini.**
- Tableau n°23 : Parasites du gros intestin : prévalences et charges moyennes selon l'indice de mixité du groupe d'élevages (indice d'ordre croissant) **Erreur! Signet non défini.**
- Tableau n°24 : Autres parasites (*F. hepatica*, *D. lanceolatum*, *Moniezia* sp et *M. capillaris*) : prévalence selon l'indice de mixité du groupe d'élevages (indice d'ordre croissant) **Erreur! Signet non défini.**
- Tableau n°25 : Nombre d'espèces d'helminthes (S), nombre total d'helminthes (N), indice de Shannon (H'), indice d'équitabilité de Pielou (E) pour la caillette (c) et pour l'ensemble du tube digestif (t), en fonction du niveau de mixité croissant **Erreur! Signet non défini.**

FIGURES

[Figure n°1 : Nombre de chèvres \(en milliers de têtes\) en France de 1987 à 1999](#)**Erreur!**

Signet non défini.

[Figure n°2 : Effectifs \(en milliers\) des principales races caprines utilisées en France](#)**Erreur!**

Signet non défini.

[Figure n°3 : Consommation de fromages de chèvre en France en milliers de tonnes](#)**Erreur!**

Signet non défini.

[Figure n°4 : Impact du parasitisme sur les trois étapes de l'assimilation des aliments](#)**Erreur!**

Signet non défini.

[Figure n°5 : Rôles des produits d'excrétion-sécrétion synthétisés par les parasites](#)**Erreur!**

Signet non défini.

[Figure n°6 : Evolution des larves infestantes sur deux parcelles selon le système « dose and move »](#)..... **Erreur! Signet non défini.**

[Figure n°7 : Evolution des OPG d'octobre 1996 à septembre 1997 pour les brebis en pâturage mixte et les brebis en pâturage pur](#)..... **Erreur! Signet non défini.**

[Figure n°8 : AFD : cercle de corrélation](#)..... **Erreur! Signet non défini.**

[Figure n°9 : AFD : position des 22 élevages par rapport aux deux axes discriminants](#)**Erreur!**

Signet non défini.

INTRODUCTION

En France, l'élevage caprin est localisé dans certaines zones et orienté principalement vers la production laitière et la fabrication traditionnelle de fromages. Même si majorité des éleveurs caprins pratiquent le zéro-pâturage, le développement de l'Agriculture Biologique et des Appellations d'Origine Contrôlées favorisent un certain retour vers la mise au pâturage.

Les helminthoses digestives constituent une dominante pathologique chez les petits ruminants entretenus au pâturage et peuvent parfois entraîner des pertes de production importantes. Il est donc indispensable de contrôler au mieux le parasitisme.

Ce contrôle s'appuie classiquement sur des traitements anthelminthiques chimiques, à fréquence plus ou moins élevée. Mais face à l'inquiétante généralisation de la résistance des nématodes à ces produits, il devient primordial de mettre au point de nouvelles méthodes de contrôle du parasitisme.

Après avoir donné succinctement quelques informations sur l'élevage caprin en France, nous consacrerons la première partie de notre travail à une courte synthèse bibliographique sur le parasitisme helminthique digestif et respiratoire des caprins, en mettant l'accent sur des méthode de contrôle du parasitisme alternatives au traitement anthelminthique traditionnel. Nous développerons en particulier celles qui concernent la gestion du pâturage, et tout particulièrement le pâturage alterné ou continu d'espèces différentes. Le volet expérimental de notre travail a consisté, quant à lui, en la description puis en la comparaison du parasitisme de chèvres issues d'élevages purs et d'élevages mixtes avec des bovins.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE
LES HELMINTHOSES CAPRINES ET LEUR CONTROLE

1. L'élevage caprin en France : quelques chiffres

1.1. Effectifs

La France, avec près de 1,1 millions de têtes, possède le troisième plus grand cheptel caprin en Europe, derrière la Grèce, l'Espagne et l'Italie. Ces animaux sont répartis sur un peu plus de 10 000 exploitations (de plus de 10 chèvres).

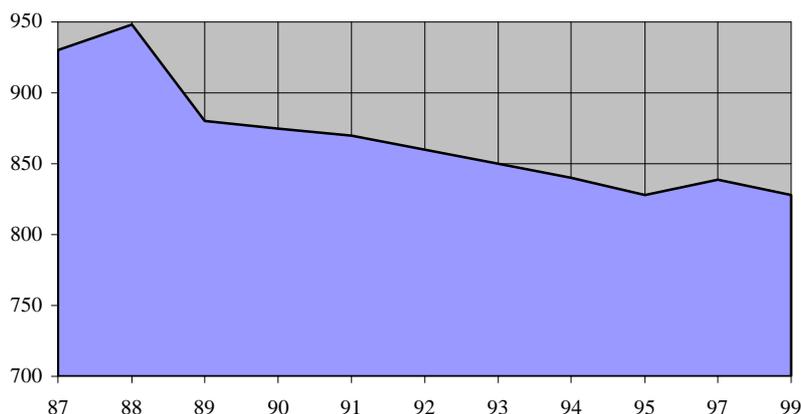


Figure n°1 : nombre de chèvres (en milliers de têtes) en France de 1987 à 1999 (source : site web de l'Institut de l'Élevage).

1.2. Répartition régionale

L'élevage caprin se concentre majoritairement dans cinq régions françaises. Les plus importantes sont Poitou-Charentes, Rhône-Alpes et Centre. Le tableau suivant donne la répartition régionale du nombre d'exploitation et de chèvres ainsi que la taille moyenne des exploitations par régions pour l'année 1997. Les chiffres ne prennent en compte que les élevages de plus de 10 chèvres.

Régions	Exploitations	Chèvres	Taille moyenne des élevages
Poitou-Charentes	22%	34%	111 chèvres
Centre	12%	15%	91 chèvres
Rhône-Alpes	22%	13%	43 chèvres
Midi-Pyrénées	7%	8%	79 chèvres
Pays de la Loire	4%	8%	131 chèvres

Tableau n°1 : Répartition régionale du nombre d'exploitations et de chèvres et taille moyenne des élevages pour l'année 1997 (d'après institut de l'élevage).

1.3. Les animaux

Les races de chèvres utilisées en France sont peu nombreuses, il s'agit essentiellement de l'Alpine et la Saanen, deux races laitières.

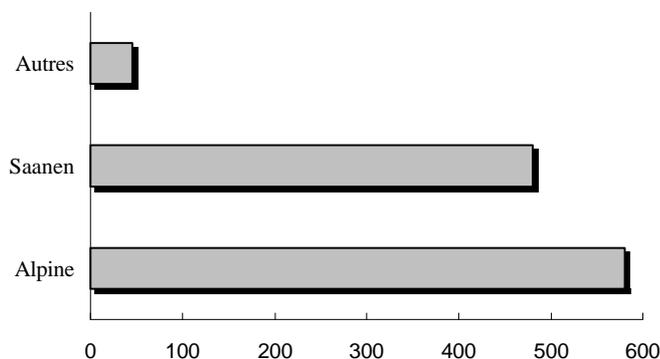


Figure n°2: effectifs (en milliers) des principales races caprines utilisées en France (estimations de l'Institut de l'élevage).

1.4. La production laitière et fromagère

La principale production des chèvres en France est le lait. Ainsi près de 481 millions de litres de lait ont été produits en France en 1999. 68% de cette production sont livrés à des laiteries. Une dizaine de milliers d'élevages se répartissent en la moitié de fromagers (transforment la totalité du lait qu'ils produisent), 42% de laitiers (vendent tout leur lait aux laiteries) et 8% de mixtes. En général, les troupeaux des laitiers sont plus grands que ceux des fromagers. Les Appellations d'Origine Contrôlée couvrent aujourd'hui plus de 10% de la consommation française et 60% d'entre elles sont industrielles. Les trois AOC les plus importantes sont le Crottin de Chavignol, le Sainte-Maure de Touraine et le Rocamadour.

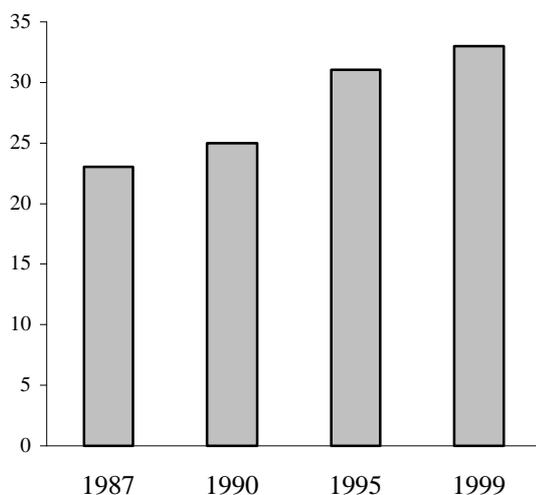


Figure n° 3 : consommation de fromages de chèvre en France en milliers de tonnes (source : site web de l'Institut de l'élevage).

1.5. La viande caprine

La viande n'est qu'un sous produit en élevage caprin. Une grande partie de la production (chevreaux de boucherie) est destinée à l'exportation, essentiellement vers l'Italie.

2. Le parasitisme helminthique caprin : généralités

2.1. Les principales espèces rencontrées chez les caprins en France

2.1.1. Les caprins : des animaux polyparasités

Les chèvres sont susceptibles d'être infestées par un grand nombre de parasites. Ceux-ci se trouvent principalement au niveau de tube digestif. Cependant d'autres organes peuvent héberger des helminthes, notamment les poumons et le foie.

Les principaux parasites rencontrés chez les caprins en France ainsi que leur localisation à l'intérieur et à l'extérieur de l'hôte sont présentés dans le tableau suivant.

Organe	Parasite	Groupe	Circonstances de la contamination
Rumen	<i>Calicophoron sp</i>	Trématodes paramphistomes	zone d'élevage bovin (pâturage)
Caillette	<i>Haemonchus contortus</i> <i>Teladorsagia circumcincta</i> <i>T. trifurcata</i>	Nématodes trichostrongles	pâturage
Intestin grêle	<i>Trichostrongylus colubriformis</i> <i>T. vitrinus</i> <i>T. capricola</i> <i>Nematodirus fillicolis</i> <i>N. battus</i> <i>Strongyloides papillosus</i>	Nématodes trichostrongles	pâturage
	<i>Moniezia expansa</i> <i>M. benedeni</i>	Nématodes Rhabditidés Cestodes Anoplocéphalidés	pâturage + chèvrerie pâturage
Gros intestin	<i>Oesophagostomum venulosum</i> <i>Chabertia ovina</i> <i>Skrjabinema ovis</i> <i>Trichuris sp</i>	Nématodes Strongylidés Nématodes oxyures Nématodes trichures	pâturage pâturage + chèvrerie pâturage + chèvrerie
Foie	<i>Dicrocoelium lanceolatum</i> <i>Fasciola hepatica</i>	Trématodes petite douve Trématodes grande douve	pâturages secs, terrains calcaires pâturages humides
Poumon	<i>Muellerius capillaris</i>	Nématodes protostrongles	pâturage

Tableau n°2 : Principaux helminthes des caprins en France, organes cibles, groupe, et circonstances de contamination (d'après Chartier, 1997, Kerboeuf, 1984).

2.1.2. Les cycles parasitaires

2.1.2.1. Cycles directs et indirects

Les cycles directs concernent les strongles digestifs, c'est à dire les trichostrongles, les strongles vrais (Strongyloïdés) et *Strongyloïdes*. Les cycles indirects, faisant intervenir un hôte intermédiaire, concernent les trématodes, les cestodes et un groupe de nématodes : les protostrongles.

2.1.2.2. Cycles longs et courts

Pour un parasite donné, la durée des phases interne et externe est variable. Dans nos pays tempérés, les strongles digestifs sont capables de ralentir leur développement larvaire à l'intérieur de l'hôte pendant l'hiver. Ce phénomène leur permet de prolonger leur survie chez l'hôte mais aussi d'éviter une excrétion inutile d'œufs dans le milieu extérieur (développement larvaire réduit ou stoppé à cause du froid). Les cycles se raccourcissent dès que les conditions extérieures deviennent plus favorables (Cabaret et Gruner, 1983).

Les modalités principales des cycles parasitaires et les durées approximatives des différentes phases sont récapitulées dans le tableau 3.

Classe	Parasite	Type de cycle	Durée de la phase à l'extérieur de l'hôte ruminant	Durée de la phase à l'intérieur de l'hôte ruminant : période prépatente
Trématodes	petite douve	HI 1: mollusque terrestre HI 2: fourmi	5 mois	7 semaines
	grande douve	HI: limnée	2 mois	10-12 semaines
Cestodes	<i>Moniezia sp</i>	HI: oribatidés	4 mois	4 semaines
Nématodes	strongles digestifs	cycle direct	2-3 semaines	3 semaines
	protostrongles	HI: mollusques terrestres	1 mois	6 semaines

Tableau n°3 : cycles des principaux parasites de caprins : caractéristiques générales, durée de la phase à l'intérieur de l'hôte et de la phase à l'extérieur de l'hôte ruminant (d'après Cabaret et Gruner, 1983).

2.1.3. Comparaison avec les autres espèces.

Les chèvres hébergent des espèces parasitaires susceptibles d'infester également les autres ruminants domestiques. La plupart d'entre elles sont d'ailleurs communes aux ovins. Il convient toutefois de constater que des différences notoires subsistent sur un plan quantitatif. Ces différences ont été mises en évidence grâce à des observations faites en conditions d'élevage mais aussi grâce à des infestations expérimentales.

Les chèvres ont des taux d'infestations par la majorité des helminthes (seul *Nematodirus* semble faire exception) plus élevés que ceux des moutons quand elles pâturent sur des prairies de graminées (excrétion fécale d'œufs de parasites plus importante).

Mais si les chèvres ont tendance à être plus parasitées que les moutons, c'est principalement parce que leur réponse au parasitisme est moins efficace. Ainsi, alors que les ovins développent une certaine résistance au parasitisme au fur et à mesure des infestations, les caprins quant à eux accumulent les parasites et l'excrétion fécale des œufs de strongles devient de plus en plus importante au cours du temps.

Les résultats obtenus suite à des infestations expérimentales sont également en faveur d'une moins bonne capacité des chèvres à s'immuniser contre le parasitisme. Des études ont en effet montré une quasi absence de résistance aux réinfestations par *H. contortus* et *T. colubriformis*, chez les jeunes animaux comme chez les adultes, et pour les deux principales races caprines utilisées en France (Alpine et Saanen) (in Hoste et Chartier, 1998).

2.2. Rôle pathogène des helminthes

L'infestation parasitaire peut avoir des répercussions très variables sur la santé des animaux. Si les paramphistomes ne causent généralement que de légers troubles, un parasitisme massif par des trichostrongles peut conduire à la mort des animaux les plus sensibles.

2.2.1. Pathogénie des strongles gastro-intestinaux

L'action pathogène des strongles gastro-intestinaux se fait selon trois grands axes : la perturbation de l'assimilation des aliments, une action purement mécanique et enfin la sécrétion puis l'excrétion de substances qui perturbent l'équilibre physiologique de l'animal.

2.2.1.1. *Perturbation de l'assimilation des aliments*

Comme le montre la figure ci-dessous, les trois étapes principales de cette assimilation (l'ingestion, la digestion et la métabolisation) sont touchées par la présence des parasites.

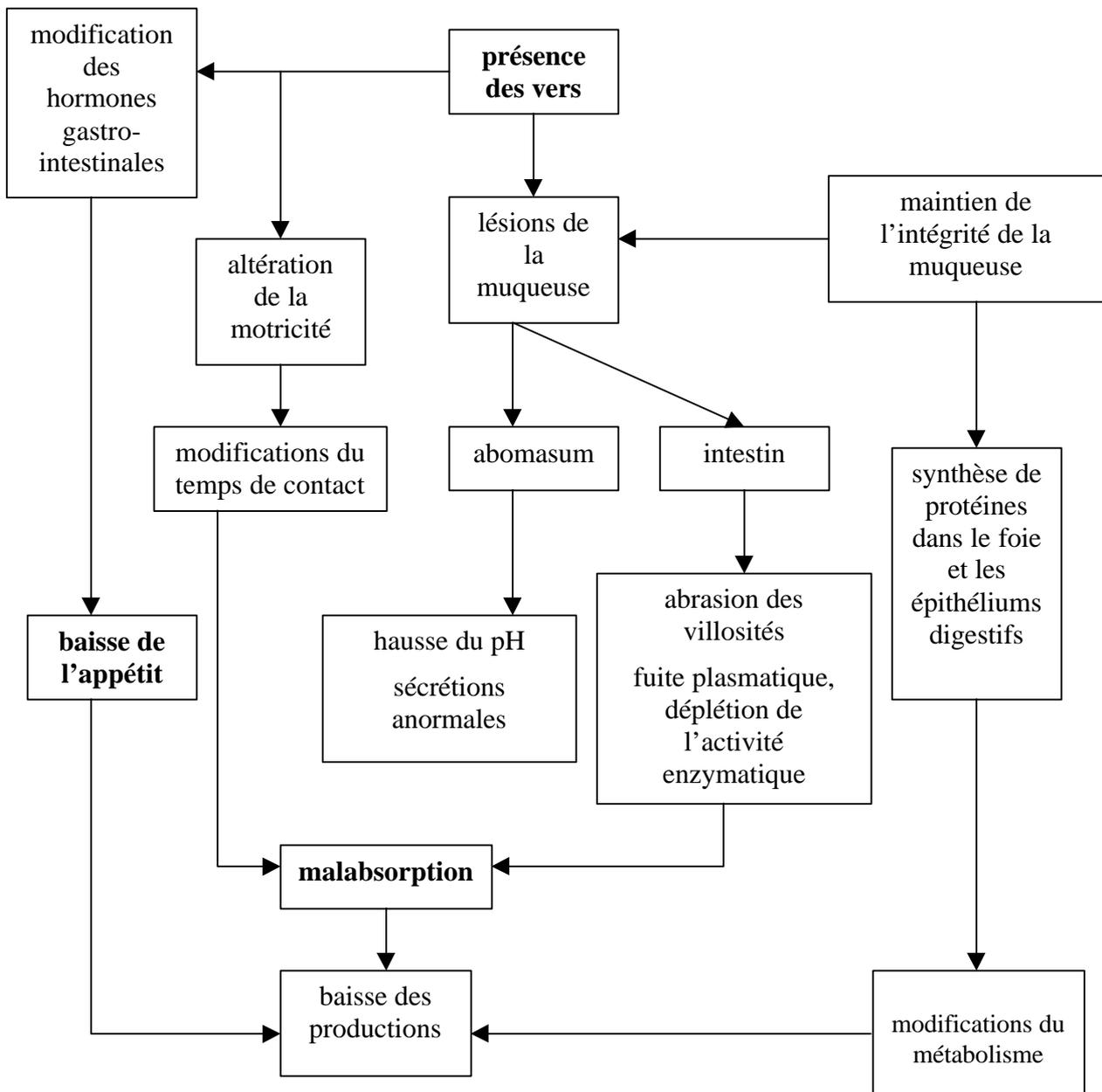


Figure n°4 : impact du parasitisme sur les trois étapes de l'assimilation des aliments (d'après Hoste *et al.*, 1997b).

2.2.1.2. Effet mécanique des parasites

Ce phénomène est à l'origine de lésions traumatiques de la muqueuse digestive. C'est en particulier grâce à leur capsule buccale dentée que certains vers de la famille des *Strongylidae* sont capables de dilacérer les tissus de l'hôte (cas de *Chabertia ovina* par exemple). Chez les *Trichostrongylidae*, *Haemonchus contortus* est le seul à posséder une néoformation dentale au fond de la capsule buccale. Cet organe contribue probablement à la ponction sanguine. Au niveau des intestins, les parasites sont en contact étroit avec les villosités ce qui provoque leur abrasion et la diminution de la fonction d'absorption (Hoste *et al.*, 1997b).

2.2.1.3. Rôle des produits d'excrétion-sécrétion

La nature biochimique de ces substances est variée. Il s'agit principalement de lipides, acides gras, cholestérol, prostanoïdes, mucopolysaccharides, peptides, protéines et de glycoprotéines. L'action de ces produits est résumée par la figure 5.

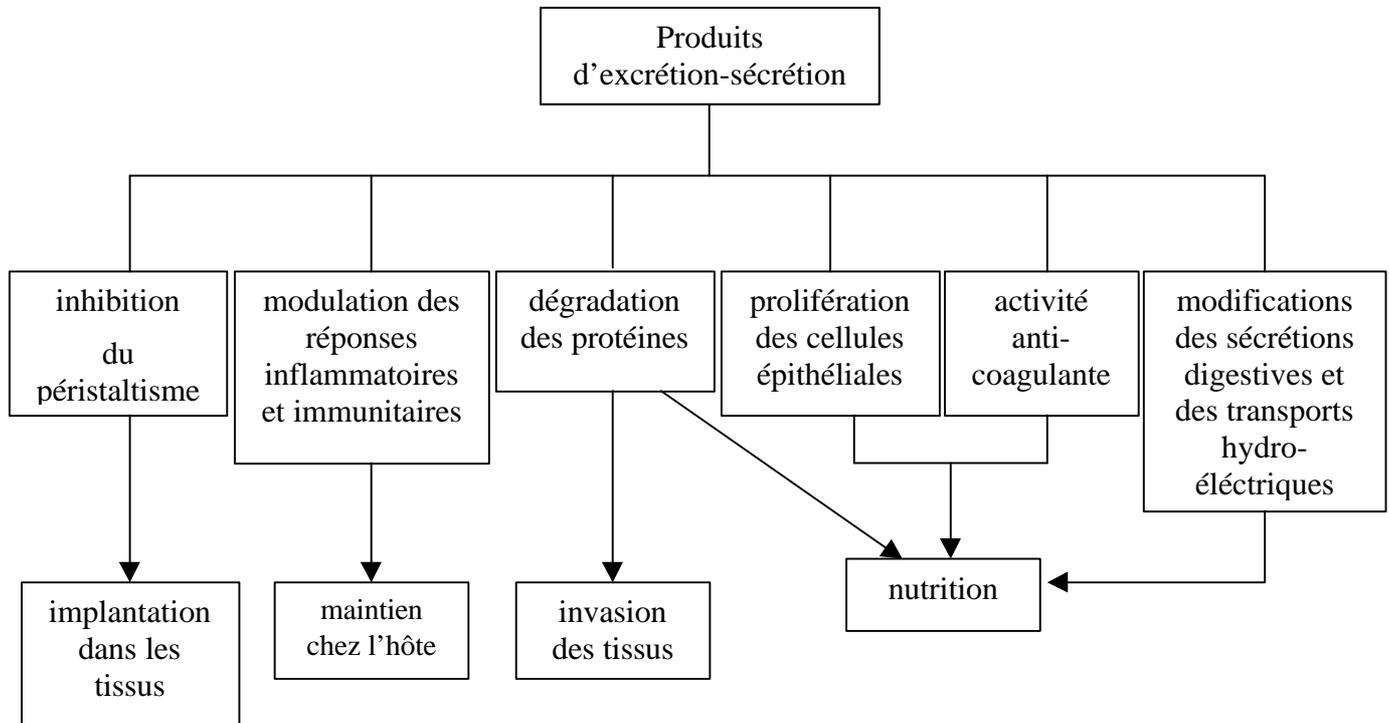


Figure n°5 : rôles des produits d'excrétion-sécrétion synthétisés par les parasites (d'après Hoste *et al.*, 1997b).

2.2.2. Rôle pathogène des trématodes

La grande douve (*Fasciola hepatica*) est un parasite hépatobiliaire qui a un pouvoir pathogène important chez les caprins et tous les ruminants en général. Les formes immatures sont histophages et provoquent une destruction massive du foie. Les adultes colonisent les voies biliaires. Ils s'y développent, provoquant une cholangite (le tégument des douves est recouvert d'épines). Les grandes douves ont également une action spoliatrice (hématophagie), toxique, inoculatrice de germes et enfin perturbatrice du métabolisme (Bourdoiseau, 1997a).

Le pouvoir pathogène de la petite douve (*Dicrocoelium lanceolatum*) est plus faible : la bile est modifiée et son évacuation perturbée. Ceci a des conséquences sur le fonctionnement du tube digestif (Bourdoiseau, 1997a).

Les paramphistomes sont localisés essentiellement dans le rumen mais les formes immatures pathogènes se trouvent dans la partie proximale de l'intestin. Ces dernières en s'enfonçant dans la muqueuse provoquent une irritation, une inflammation, et une inoculation de germes d'où la destruction de la muqueuse (Bourdoiseau, 1997b).

2.2.3. Rôle pathogène des protostrongles

Les caprins hébergent surtout *Muellerius capillaris* dont les formes adultes se développent dans les alvéoles pulmonaires. L'accumulation de ces parasites est à l'origine de troubles respiratoires discrets.

2.3. Impact économique du parasitisme helminthique

Avant d'avoir des répercussions cliniques sur les animaux, le parasitisme se traduit d'abord et surtout par une baisse de leurs performances.

2.3.1. Impact global

Les animaux fortement parasités réagissent quasiment systématiquement par une baisse d'appétit, qui peut atteindre jusqu'à 30%. Par ailleurs, la mauvaise utilisation des aliments causée par les vers provoque des retards de croissance. Enfin, il a été montré que des infestations à *Trichostrongylus colubriformis* ou à *T. vitrinus* pouvaient entraîner de l'ostéoporose et des fractures spontanées. Ceci est dû à des perturbations au niveau des os : leur taille diminue et ils se déminéralisent (*in* Chartier et Hoste, 1996).

2.3.2. Conséquences sur la production laitière

Cet aspect du parasitisme est important à considérer car en France la majeure partie de l'élevage caprin est consacrée à la production de lait puis de fromages.

D'une façon générale, on peut dire que le parasitisme a un rôle néfaste sur la production laitière. Dans une étude, Cabaret *et al.* (1984) ont recherché les relations entre les caractéristiques du mode d'élevage et différents paramètres de production (nombre de kg de lait par an et par chèvre, nombre de chevreaux vendus par an et par chèvre). Il en résulte que les exploitations dites « à haute productivité » sont celles où le parasitisme est faible. Les mêmes auteurs ont montré par la suite (1989) que la production laitière annuelle par chèvre était corrélée négativement à l'infestation par *Muellerius capillaris*.

Cette corrélation entre intensité du parasitisme et production laitière a été démontrée en conditions expérimentales mais aussi en conditions naturelles. Dans le premier cas, la plupart des études ont montré que la production laitière baissait suite à une infestation parasitaire assez importante. Ainsi Hoste et Chartier en 1993 ont noté une chute de 6% de la quantité de lait produite après une infestation par *H. contortus* et *T. colubriformis*. En conditions naturelles, c'est plutôt l'effet des traitements anthelminthiques sur la production de lait qui est mesuré. Dans l'étude de Farizy (1970), un traitement au thiabendazole a entraîné une hausse de 17,6% de la production laitière sur une période de trois semaines. L'effet bénéfique d'un traitement antiparasitaire sur la production de lait a été corroboré par Chartier et Hoste (1994), on notera toutefois que la hausse de production ne concernait que les meilleures productrices.

Les caprins sont donc des animaux soumis à un parasitisme important, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Ce parasitisme peut avoir de graves conséquences cliniques mais surtout économiques. La lutte anthelminthique est par conséquent une priorité en élevage caprin. Mais pour être réellement efficace, elle doit s'appuyer sur des bases épidémiologiques solides. Nous allons donc consacrer la prochaine partie de notre étude aux caractéristiques épidémiologiques du parasitisme caprin.

3. Epidémiologie des helminthoses caprines : estimation du risque parasitaire

Le risque parasitaire peut s'apprécier à différentes échelles : au niveau de l'individu tout d'abord, puis sur une échelle de temps et enfin sur une échelle d'espace.

3.1. Estimation individuelle : les animaux à risque

Un animal à risque est un animal particulièrement réceptif à l'infestation parasitaire. Cette réceptivité peut varier tout d'abord en fonction des espèces parasites mais aussi selon des facteurs liés à l'animal hôte, tels que l'âge, la race, le statut physiologique ou encore le niveau de production (Cabaret *et al.*, 1983).

3.1.1. Races

Toutes les races de caprins ne semblent pas avoir la même sensibilité. Toutefois les données bibliographiques sur ce point sont assez contradictoires et aucune certitude ne paraît acquise. Dans une étude sur l'importance de certains paramètres pour la réceptivité des chèvres laitières à l'infestation par les nématodes, Richard *et al.* (1990) ont montré que la race Saanen avait des excréctions fécales d'œufs (OPG) plus élevées que la race Alpine. A contrario, selon un travail de Cabaret, Anjorand et Leclerc (1989), c'est plutôt la race Alpine qui serait liée à de fortes valeurs d'OPG. En réalité, il semble qu'une forte variabilité existe au sein de chaque race.

3.1.2. Age

Ce sont les jeunes animaux qui sont les plus sensibles aux infestations parasites. Toutefois il est intéressant de noter que les chèvres adultes, contrairement aux autres ruminants domestiques, ne répondent aux infestations que par de faibles réactions immunitaires. Les adultes sont donc susceptibles d'être parasités tout au long de leur vie, développant même parfois des pathologies comparables à celles de jeunes (Kerboeuf, 1984). Par ailleurs, ces animaux ont un grand rôle dans la contamination des pâturages. En effet, il a été montré que l'excrétion d'œufs de strongles augmente avec l'âge chez la chèvre laitière (*in* Chartier *et al.*, 1996).

3.1.3. Statut physiologique

Parallèlement à ce qui a été démontré chez les ovins, il existe également chez la chèvre un pic d'émission des œufs en fin de gestation et au début de la lactation. Ce pic est communément appelé « periparturient rise ». Chartier *et al.* (1998a) ont démontré l'existence de ce pic chez la chèvre laitière. Vingt huit animaux de race Alpine naturellement infestés par *Teladorsagia* sp, *Trichostrongylus* sp et *Oesophagostomum* sp ont été répartis en deux groupes, selon leur statut physiologique. Le premier groupe correspond à des chèvres non

gravides en troisième mois de lactation et le second à des chèvres gravides 6 semaines avant terme. L'excrétion fécale moyenne d'œufs deux semaines avant et deux semaines après la parturition était significativement plus importante pour les animaux du deuxième groupe.

3.1.4. Niveau de production

Ce paramètre a une influence non négligeable sur l'expression du parasitisme. Les chèvres à fort potentiel laitier semblent en effet avoir une résistance (aptitude à limiter le nombre de parasites) et une résilience (aptitude à supporter le parasitisme et à maintenir la production) plus faibles faces à l'agression parasitaire. Hoste et Chartier (1993) ont en effet montré que l'infestation parasitaire entraînait une baisse de 18% de la production de lait chez les chèvres hautes productrices alors que cette production restait stable chez les animaux à faible potentiel laitier.

3.1.5. Nutrition

En cas de sous nutrition, en particulier lors d'un déficit protéique de la ration, l'installation et la biologie des populations de vers semblent peu modifiées. Par contre les perturbations pathologiques qui en résultent sont aggravées. C'est donc plus la résilience que la résistance des animaux au parasitisme qui est affectée par le déficit protéique.

3.2. Estimation temporelle : périodes à risque

Le risque parasitaire est distribué de façon hétérogène dans le temps. Le moment où la charge en parasites sur la pâture sera maximale constituera naturellement une période à risque.

3.2.1. Influence du climat et du mode d'élevage

Beaucoup de travaux ont été réalisés pour déterminer les périodes à risque. Toutefois, il semble difficile d'être très précis sur ce sujet car ces périodes dépendent de nombreux facteurs de variation, les plus importants étant le climat et le mode d'élevage des animaux.

Le climat est un paramètre fondamental car ce sont les conditions de température et d'humidité qui déterminent la survie et le développement des stades libres de parasites. D'une manière générale, les conditions extrêmes se prêtent mal au développement des éléments parasitaires ou à l'activité des mollusques hôtes intermédiaires. Par ailleurs le régime hygrométrique a également une influence non négligeable car les larves contenues dans les fèces pourront être libérées par l'action de la pluie.

3.2.2. Estimation des périodes à risque pour les principales parasitoses en zone tempérée

Cabaret et Gruner (1983) ont présenté les périodes à risque probable pour les principales parasitoses, en tenant compte des différentes réserves mentionnées plus haut :

Petite douve : printemps et automne,

Grande douve : (avril-mai), juillet et automne,

Moniezia : début d'été et fin d'automne,

Nematodirus : surtout début de printemps,

Strongles digestifs : juin-juillet et début d'automne,

Dictyocaulus : fin de printemps et automne,

Protostrongles : mai-juin et fin d'automne.

Nous pouvons donc conclure que les périodes les plus propices aux infestations helminthiques sont essentiellement le printemps et l'automne. En ce qui concerne les strongles gastro-intestinaux, le pic de printemps résulte du développement des œufs issus du periparturient et de celui des larves transhivernantes. Le pic d'automne quant à lui s'explique par le rôle excréteur des animaux infestés au printemps.

3.3. Estimation spatiale : zones à risque

S'il est important de définir le risque parasitaire dans le temps, la notion de zone à risque est tout aussi fondamentale, et ceci pour plusieurs raisons. Tout d'abord parce qu'elle prend en compte la phase externe du parasitisme, or cette phase est primordiale dans la compréhension de l'équilibre hôte-parasite. Ensuite parce que l'élevage des ruminants passe par une gestion précise des espaces mis à leur disposition (*in* Cabaret, 1986a). Cabaret (1986a) a montré la complexité d'une telle estimation à l'échelle spatiale et a étudié les principaux éléments intervenants dans la transmission du risque parasitaire localisé.

Nous baserons notre raisonnement sur une échelle d'espace décroissante. Différents paramètres peuvent être utilisés afin de définir les facteurs de risque dans l'espace. Globalement, la répartition géographique à grande échelle (continent) peut se baser sur des critères exclusivement climatiques. Il convient d'y rajouter des paramètres géologiques en ce qui concerne des grandes régions. Enfin lorsque l'échelle se réduit à une exploitation ou même à une parcelle, il faut prendre en compte des éléments directement reliés au mode d'élevage.

3.3.1. Localisation du risque à grande échelle : continents ou pays.

Une grande dichotomie existe entre les climats tempéré et tropical humide et la gestion du risque y est considérée de manière tout à fait différente. En effet, le climat tropical humide (climat équatorial) se différencie par l'absence de saisons marquées, favorisant ainsi la ponte des œufs et le développement des larves tout au long de l'année. En conséquence, on n'observe pas de pics saisonniers d'infestation comme c'est le cas dans les pays tempérés ou les pays tropicaux secs (Barger, 1999). Par ailleurs, le développement des stades libres est plus rapide et plus intense dans les régions tropicales, mais leur durée de vie y est plus courte (Waller, 1999).

Les variations climatiques influencent le parasitisme également à l'échelle d'un pays. On sait par exemple que certains parasites, comme *Haemonchus contortus* ou *Oesophagostomum columbianum*, sont plus sensibles que d'autres au froid et qu'à l'inverse certains strongles comme *Teladorsagia circumcincta* ou *Ostertagia ostertagi* ne sont pas présents en zone tropicale (Barger, 1999).

Il semble toutefois bien difficile de donner une répartition géographique très précise des helminthes de ruminants car des différences existent au sein même des micro-régions, comme cela a été démontré pour des parcours méditerranéens ou en Australie. Seules des tendances très générales peuvent être données (Cabaret, 1986a).

3.3.2. Facteurs intervenant dans la localisation du risque à une échelle plus petite.

Si l'on veut estimer les zones à risque à des échelles réduite (élevage, pâturage) ou très réduite (parcelle d'un pâturage), le climat n'est plus le seul facteur à intervenir (Cabaret, 1986a). Nous allons brièvement étudier les autres paramètres mis en jeu.

3.3.2.1. Topographie, géologie et pédologie (Cabaret, 1986a)

Ces trois facteurs peuvent avoir un rôle dans l'estimation du risque parasitaire. Ainsi l'altitude au dessus de la mer peut jouer sur l'infestation des caprins par les protostrongles (biologie des hôtes intermédiaires par exemple). De même les paramètres géologiques quant à eux interviennent tout particulièrement pour les parasitoses faisant intervenir un mollusque terrestre comme hôte intermédiaire : protostrongylidose, dicrocoeliose. Cette dernière semble également reliée à des facteurs pédologiques, notamment la présence de sols alcalins (Chartier et Rèche, 1992). La présence de gîtes à limnées est favorisée par des substrats tourbeux, argileux ou schisteux à faible profondeur du sol.

L'influence de ces trois paramètres reste toutefois limitée pour les helminthoses à cycles directs, notamment les strongyloses gastro-intestinales.

3.3.2.2. La végétation

De nombreux auteurs considèrent que la végétation est un paramètre important dans l'évolution du parasitisme. Elle joue un rôle à plusieurs niveaux :

- en produisant un micro climat favorable à la survie des parasites ;
- en intensifiant la transmission du parasitisme si les végétaux les plus appétents sont fortement contaminés.

Mais si la végétation est sûrement un indicateur du risque parasitaire, son influence n'est pas la même selon le parasitisme considéré. Par exemple en ce qui concerne l'infestation par les Protostrongles, l'analyse des sols semble un bien meilleur indicateur. Pour les strongles digestifs, les caractéristiques de végétation expliquent moins de 5% de l'infestation (Cabaret, 1986a).

Enfin il convient de rappeler que l'influence de ce paramètre, quelle que soit son importance, varie énormément en fonction du degré d'intensification du pâturage (Cabaret, 1986a). En effet, plus il y aura d'animaux sur une parcelle, plus les quantités de matières fécales contaminées seront importantes, et plus les animaux auront tendance à consommer l'herbe située sur les zones de refus (zones fortement parasitées car situées autour des fèces). Cependant, il a été montré que pour les chèvres laitières notamment, le phénomène inverse peut se produire : plus la charge en animaux augmente, moins l'infestation parasitaire est grande. Ceci s'explique par le fait que l'apport alimentaire de ces animaux provient essentiellement d'aliments du commerce non infestés. Les quantités d'herbe ingérée au pâturage deviennent donc beaucoup plus faibles (Cabaret, 1993).

Nous terminerons l'étude de l'estimation des zones à risque par un tableau montrant l'influence des paramètres de milieux sur l'infestations d'ovins en Limousin (*in* Cabaret, 1986a).

Parasites	Paramètres				
	Environnement			Action de l'homme	
	Zone climatique	Nature géologique du sol	Altitude	Traitements antiparasitaires	Prairies temporaires
Strongles digestifs	+	0	0	+	+
<i>Strongyloides papillosus</i>	+	+	0	0	0
<i>Dicrocoelium lanceolatum</i>	+	+	0	0	0
<i>Fasciola hepatica</i>	+	+	+	0	0

Tableau n°4 : influence de l'environnement et de l'action de l'Homme sur l'infestation parasitaire d'ovins en Limousin (d'après Cabaret, 1986a).

+ : liaison significative entre le parasite et le paramètre d'environnement

0 : absence de liaison

Comme nous venons de le voir, estimer le risque parasitaire au niveau de l'individu, mais aussi dans le temps et l'espace n'est pas chose facile car cela nécessite de prendre en compte une multitude de facteurs, souvent eux mêmes dépendants les uns des autres. Nous allons maintenant étudier comment l'action de l'homme sur l'environnement et la conduite d'élevage peuvent modifier ce risque.

3.4. Modifications du risque par action de l'homme sur l'environnement

Certaines actions directes de l'homme sur l'environnement favorisent ou non l'installation et la survie d'hôtes intermédiaires. De plus, l'éleveur peut agir de façon indirecte sur le risque à travers sa conduite d'élevage et de pâturage. D'une manière générale, les facteurs qui rendent homogènes l'environnement sont ceux qui assurent une dilution du risque. C'est le cas par exemple de la destruction des gîtes de mollusques terrestres ou aquatiques.

3.4.1. Interventions à but agronomique

En ce qui concerne les amendements et les fumures, la cyanamide calcique est molluscicide et larvicide à la dose de 150 à 300 kg/ha. Faiblement rémanente (2 à 3 jours), elle ne présente que peu d'intérêt vis à vis des strongyloses digestives. L'effet des engrais diffère selon leur composition, l'urée étant la plus efficace.

Les pratiques culturales interviennent à deux niveaux : en modifiant la structure du sol et en différant l'utilisation des surfaces. Cela explique le rôle particulièrement important du labour dans la mortalité des stades libres.

Le drainage, en abaissant considérablement les populations de limnées, a un intérêt manifeste dans la fasciolose.

Le développement et la survie des stades libres de strongles digestifs sont favorisés par l'irrigation par aspersion. L'irrigation par immersion favoriserait quant à elle la fasciolose, la dicrocoeliose, les protostrongylidoses mais serait défavorable à la moniézirose.

3.4.2. Interventions à but zootechnique

Différentes techniques d'utilisation de l'herbe peuvent être mises en œuvre pour limiter le risque parasitaire. C'est le cas pour les rotations de parcelles, le pâturage mixte ou alterné. Ces deux techniques peuvent participer à une action globale de lutte contre la parasitisme, par conséquent nous les développerons dans une partie ultérieure de notre exposé.

4. Méthodes de lutte antiparasitaire

Depuis plusieurs décennies, le contrôle du parasitisme chez les ruminants s'appuie essentiellement sur l'utilisation de molécules anthelminthiques, dont l'efficacité n'a cessé d'augmenter au fur et à mesure du développement de nouvelles familles. Mais parallèlement à un emploi croissant et pas toujours raisonné de ces produits, de plus en plus de parasites sont devenus résistants aux antiparasitaires. Dans le but de préserver l'efficacité des produits existants et de limiter l'expansion du phénomène de résistance, des méthodes alternatives doivent être envisagées et mises en place dans un avenir proche.

4.1. Le traitement anthelminthique et ses limites : cas de la résistance des nématodes du tube digestif

Les traitements anthelminthiques sont incontestablement le moyen le plus utilisé dans la lutte contre les nématodes parasites des ruminants. Leur coût représente ainsi à l'échelle mondiale 540 millions de \$ par an. Au fil des années ont été mises sur le marché des molécules aux spectres d'action de plus en plus larges, et leur usage est devenu quasi systématique. Mais aujourd'hui beaucoup de problèmes se posent quant à l'utilisation des anthelminthiques, au premier rang desquels la résistance croissante des parasites à ces molécules. Ce phénomène atteint en effet des proportions alarmantes chez les petits ruminants, en particulier chez les caprins (Williams, 1997).

4.1.1. Principales molécules utilisées, spectres, modes d'action

Trois grandes familles d'anthelminthiques à spectre large sont utilisées en élevage caprin:

- les benzimidazoles et les probenzimidazoles
- les imidazothiazoles (lévamisole) et les tétrahydropyrimidines (pyrantel...)
- les lactones macrocycliques (ivermectine, moxidectine)

Les spectres d'activité et les modes d'action des principales molécules appartenant à ces familles sont présentés dans le tableau 5.

Molécules actives	Spectre d'activité	Mode d'action
Benzimidazoles		
albendazole	SGI, <i>Moniezia</i> sp, <i>Fasciola hepatica</i> , <i>Dicrocoelium lanceolatum</i> , <i>Strongyloides</i> , <i>M. capillaris</i>	inhibition de la formation des microtubules
fenbendazole	SGI, <i>Strongyloides</i> , <i>M. capillaris</i> , <i>Moniezia</i> sp	
mébéndazole		
oxfendazole		
thiabendazole		
triclabendazole	<i>F. hepatica</i>	
Pro-benzimidazoles		
fébanfel	SGI, <i>Strongyloides</i> , <i>M. capillaris</i> , <i>Moniezia</i> sp	
néobimmin	SGI, <i>Moniezia</i> sp, <i>F. hepatica</i> , <i>Dicrocoelium lanceolatum</i> , <i>M. capillaris</i>	
Imidazothiazoles		
lévamisole	SGI, <i>M. capillaris</i>	agonistes de l'acétylcholine
pyrantel	SGI	
Salicylanilidés		
closantel	<i>H. contortus</i> , <i>F. hepatica</i>	
Avermectines		
ivermectine	SGI, <i>Strongyloides</i> , <i>M. capillaris</i>	ouverture des canaux à ions chlorure des systèmes neuromusculaires
éprinomectine	SGI, <i>Strongyloides</i> , <i>M. capillaris</i>	

Tableau n°5 : Molécules actives, spectres d'activité et modes d'action des principaux anthelminthiques utilisés en élevage caprin (d'après Chartier et Hoste., 1997).

Les élevages caprins en France sont quasiment tous tournés vers la production laitière. Dans la plupart des cas, la période de tarissement n'excède pas deux mois. On comprend donc bien que les produits les plus utilisés sont ceux pour lesquels le délai d'attente pour le lait est nul. Il s'agit des benzimidazoles (oxfendazole et fenbendazole), du fébanfel, du pyrantel et beaucoup plus récemment de l'éprinomectine. En effet, à l'exception du thiabendazole dont le temps d'attente est de 6 traites, toutes les autres molécules sont interdites d'emploi sur les animaux en lactation (Chartier et Hoste, 1997).

4.1.2. Un problème majeur : la résistance des parasites aux anthelminthiques

L'OMS a donné en 1957 une définition du phénomène de chimiorésistance : « *Une population chimiorésistante est une population de parasites ayant génétiquement acquis la capacité de résister à des concentrations d'antiparasitaires habituellement létales pour les individus de cette espèce* ». (Beugnet et Kerboeuf, 1997).

4.1.2.1. Pourquoi l'émergence de résistances ?

Depuis plus de 35 ans, les industries pharmaceutiques ont mis au point de nombreux anthelminthiques, de l'apparition du thiabendazole dans les années 1960 à l'avènement des lactones macrocycliques récemment (Waller, 1993). Mais si les produits actuels sont de plus en plus sophistiqués, la façon de les utiliser n'a pas connu le même progrès et c'est sûrement dans cette utilisation qu'il faut chercher les principales causes d'apparition de résistance (Waller, 1993).

Tous les facteurs conduisant à une augmentation de la pression de sélection sur la population parasitaire sont susceptibles d'engendrer une résistance (Beugnet et Kerboeuf, 1997).

a) Fréquence d'utilisation

Avant même toute exposition à un anthelminthique, il existe dans les populations de vers des gènes de résistance présents sous forme d'allèles rares. Les vers porteurs de ces allèles de résistance sont sélectionnés par l'utilisation répétée de l'antiparasitaire. Plus la pression de sélection est importante, plus les individus résistants vont être à la base de la génération suivante. Ainsi, lorsque l'intervalle d'administration est proche de la période prépatente, les vers résistants deviennent les seuls capables de se reproduire. Les vers sensibles quant à eux ne participent plus à la formation de la future génération. Il a ainsi été montré qu'une fréquence de huit traitements anthelminthiques par an pendant cinq ans faisait passer l'efficacité du traitement de 100% à 70-80% vis-à-vis de deux populations initialement sensibles d'*H. contortus* et de *T. colubriformis* (in Boudsocq-Silvestre, 2000).

Une étude sur l'utilisation des anthelminthiques dans des élevages caprins en Touraine, a montré que le nombre de traitements par an était de 3.6 pour les élevages pratiquant le pâturage (Cabaret, Anjorand, Leclerc, 1986). Chartier *et al.* (2001b) ont réalisé un travail sur la prévalence des résistances aux anthelminthiques dans le sud-ouest de la France. Le nombre de traitements anthelminthiques par an variait entre zéro et six. Dans l'étude de Hoste *et al.* (2000a), le nombre moyen de traitement par an dans 69 élevages français était de 2,74.

b) Utilisation de procédés rémanents

Les diffuseurs intra-ruminaux d'anthelminthiques peuvent générer une pression de sélection sur une période prolongée.

c) Sous dosages et sur dosages

Administrer un anthelminthique à une dose sub-thérapeutique tend à accélérer le développement de la résistance. Ainsi les caprins, qui ont été sous dosés systématiquement pendant longtemps (application des posologies ovines), développent plus de cas de résistance que les ovins. Le sous dosage est aussi, par son efficacité partielle, à l'origine d'une augmentation quantitative des traitements annuels.

Cependant, les effets du sous dosage dépendent en réalité de la fréquence initiale de l'allèle de résistance et de la dose utilisée. En effet, la dose la plus faible empêche le développement de la résistance car, en éliminant seulement une fraction des individus homozygotes sensibles (SS), elle permet la persistance des allèles de sensibilité dans la population après le traitement anthelminthique. *A contrario*, la dose qui élimine tous les individus SS et une partie des individus hétérozygotes SR sélectionne la résistance si l'allèle de résistance est initialement rare car après traitement, la population est essentiellement composée d'individus homozygotes résistants RR. Enfin, la dose qui va sélectionner immédiatement la résistance est celle qui va éliminer tous les individus homozygotes sensibles, tous les hétérozygotes et une partie des homozygotes résistants. En effet, avec une telle dose, ces derniers seront les seuls à participer à la génération suivante (Boudsocq-Silvestre, 2000).

Les sur dosages quant à eux, favorisent dans tous les cas l'émergence d'individus extrêmement résistants.

4.1.2.2. Ampleur de la résistance aux anthelminthiques

Les populations de vers résistants sont d'abord apparues dans les pays tropicaux (où on observe une forte prévalence d'espèces particulièrement pathogènes telles qu'*Haemonchus contortus*) à cause du climat favorable au développement des parasites et à l'utilisation fréquente d'anthelminthiques. Aujourd'hui la zone de résistance s'est largement étendue aux pays tempérés. Toutes les espèces d'animaux de rente ou de loisir sont touchées et un nombre de plus en plus important de familles d'anthelminthiques est concerné. Les principaux helminthes chimiorésistants ainsi que les antiparasitaires concernés sont résumés dans le tableau 6.

En France, plusieurs études de prévalence ont été réalisées pour juger de l'étendue de la résistance aux anthelminthiques chez les petits ruminants. Une d'entre elles traite de la résistance aux anthelminthiques chez les moutons et les chèvres dans l'Ouest de la France. Dans 83% des élevages, les ovins hébergent des vers résistants aux benzimidazoles. Une résistance au lévamisole a été suspectée dans la moitié des exploitations. Enfin aucune résistance à l'ivermectine n'a été trouvée. En ce qui concerne les caprins, tous les élevages étaient touchés par une résistance aux benzimidazoles. Les autres familles d'antiparasitaires n'ont pas été étudiées (Chartier *et al.*, 1998b). Une autre étude concerne 18 élevages caprins extensifs du Sud-Ouest du pays. Les résultats montrent que dans 15 d'entre eux, des populations de parasites développent une résistance aux benzimidazoles. Cette résistance concerne surtout *T.colubriformis*. Dans ce type d'élevage, la forte prévalence des résistances s'explique surtout par le fait que les éleveurs, bien qu'ils traitent peu souvent, utilisent quasiment toujours des antiparasitaires de la même famille (Chartier *et al.*, 2001b).

Espèces hôtes	Parasites	Antiparasitaires concernés
ovins, caprins	SGI: toutes espèces, surtout <i>H. contortus</i> , <i>T. colubriformis</i> , <i>T. circumcincta</i> , <i>Cooperia</i> sp., <i>Nematodirus</i> sp. Moniezia: suspicion F. hepatica: importance économique encore limitée	benzimidazoles, probenzimidazoles, pyrantel, morantel, lévamisole, endectocides, niclosamide, closantel, triclabendazole
bovins	SGI: <i>Ostertagia ostertagi</i> , <i>Cooperia</i> sp. Moniezia: suspicion F. hepatica: importance économique encore limitée	benzimidazoles, probenzimidazoles, morantel (bolus), endectocides
porcins	SGI: <i>Oesophagostomum</i> sp.	flubendazole, pyrantel, lévamisole, pipérazine, ivermectine
équins	SGI: <i>Cyathostominae</i>	Benzimidazoles, lévamisole, pyrantel

Tableau n°6 : Principaux helminthes chimiorésistants chez les animaux de rente ou de loisir (d'après Beugnet et Kerboeuf, 1997).

4.2. Reconcevoir le traitement anthelminthique chez les caprins

Comme nous venons de le voir, les parasites résistants aux anthelminthiques sont de plus en plus nombreux et cette résistance s'étend à un nombre croissant de molécules. Ce problème est d'autant plus alarmant que l'élevage des petits ruminants dans certains pays en développement se trouve menacé (Waller, 1999). Les caprins sont donc au cœur de la tourmente, en partie parce que dans cette espèce, outre les phénomènes de résistance vraie, certains facteurs peuvent faire varier la réponse au traitement anthelminthique. C'est notamment sur la compréhension de ces facteurs que pourront se fonder les principes d'une vermifugation efficace et raisonnée.

4.2.1. Facteurs de variation de l'activité anthelminthique chez les caprins

La métabolisation des benzimidazoles est plus rapide chez les caprins que chez les ovins. En effet pour une même dose, la biodisponibilité et le pic plasmatique sont deux fois moins importants chez la chèvre (*in* Chartier et Hoste, 1997). On observe le même phénomène pour les endectocides et le lévamisole (Chartier *et al.*, 2000c, *in* Chartier *et al.*, 2001a). Il conviendra donc d'adapter les posologies, mais ce point sera plus développé dans la suite de notre étude.

La biodisponibilité et l'efficacité antiparasitaires des anthelminthiques administrés par voie orale peuvent être amoindries par la fermeture de la gouttière oesophagienne particulièrement fréquente chez cette espèce. Ceci a été démontré pour le fenbendazole et

l'oxfendazole. L'administration de tels produits devra donc se faire de manière à éviter ce phénomène.

4.2.2. Les principes d'une bonne vermifugation (Hennessy, 1997)

Des mesures simples mais efficaces peuvent être prises pour assurer une vermifugation correcte des chèvres.

4.2.2.1. Adapter la dose aux caprins

Pendant longtemps, la posologie caprine a été calquée sur celle des ovins. Mais comme nous venons de l'évoquer, ces deux espèces métabolisent les xénobiotiques différemment. Le sous dosage qui en résulte peut dans certaines conditions augmenter la sélection de vers résistants. En conséquent, des posologies « spécifiques caprines » sont recommandées ; elles sont données dans le tableau ci-dessous. L'application d'un vermifuge hors AMM implique la responsabilité directe du vétérinaire prescripteur. Il convient toutefois de préciser que même si cette prescription sort du cadre de l'AMM, elle est totalement justifiée par les nombreuses données scientifiques documentant ce sujet (*in* Chartier et Hoste, 1997). C'est le poids de l'animal le plus lourd du lot qui devra être pris en compte pour l'évaluation de la posologie.

Molécules	Posologies AMM pour les SGI (mg/kg) ovins-caprins	Recommandations d'utilisation dans l'espèce caprine pour les SGI
oxfendazole	5 mg/kg	10 mg/kg
fenbendazole	5 mg/kg	10 mg/kg
fébéntel	5 mg/kg	10 mg/kg
mébendazole	15 mg/kg	30 mg/kg
thiophanate	50 mg/kg	100 mg/kg
nétobimin	7,5 mg/kg ovin pas d'AMM caprin	15 mg/kg
albendazole	3,8 mg/kg	7,6 mg/kg
thiabendazole	50 mg/kg	100 mg/kg
lévamisole (<i>per os</i>)	7,5 mg/kg	12 mg/kg
closantel	10 mg/kg ovin pas d'AMM caprin	10 mg/kg
ivermectine	0,2 mg/kg ovin pas d'AMM caprin	0,4 mg/kg

Tableau n°7 : Principaux anthelminthiques strongylicides pour les petits ruminants et posologies spécifiques chez les caprins (d'après Chartier et Hoste, 1997).

4.2.2.2. Administration per os

Afin d'éviter le phénomène de fermeture de la gouttière oesophagienne évoqué plus haut, il est recommandé d'administrer l'anthelminthique par fractions de faibles volumes (inférieurs à 10 ml) et en arrière de la langue.

Par ailleurs, il est préférable de mettre les animaux à la diète 12 à 24 heures avant le traitement. Le ralentissement du transit digestif provoqué par cette restriction d'alimentation permet en effet une meilleure absorption du produit administré par voie orale. En élevage laitier, cette précaution est difficile à mettre en œuvre, par contre elle est réalisable lors du tarissement des chèvres. Enfin, l'administration du vermifuge peut s'effectuer en une fois ou au contraire être répartie sur 2 prises séparées de 10 heures (intervalle entre deux traites). Dans les deux cas, la biodisponibilité et l'efficacité s'en trouvent accrues (Hennessy, 1997).

4.2.2.3. Vermifugation du troupeau

a) Diminuer la fréquence des traitements anthelminthiques

Plus les animaux sont traités fréquemment, plus le risque d'apparition de populations résistantes aux antiparasitaires est grand. En effet, une augmentation de la fréquence des traitements accroît la pression de sélection sur les populations de nématodes. Le nombre optimal de traitements par an est probablement de 2 à 3. Cette fréquence est d'ailleurs proche de celle à ne pas dépasser dans le cadre de l'Agriculture Biologique (*in* Chartier *et al.*, 2001a).

b) Alternner ou associer les familles d'anthelminthiques

La plupart du temps, les éleveurs utilisent une seule famille d'antiparasitaires pour vermifuger leurs animaux (Hoste *et al.*, 2000a). Or le fait de ne pas alternner les familles d'anthelminthiques (benzimidazoles, lévamisole-pyrantel, endectocides) peut favoriser l'émergence de nématodes résistants aux traitements. Il est souvent conseillé de changer de famille à chaque traitement ou mieux sur une base annuelle. Des simulations mathématiques ont montré qu'associer deux familles pour lesquelles aucune résistance n'a été encore détectée, permettait d'éviter au maximum l'apparition de vers résistants pendant une période de 20 ans. Cela est cependant difficilement réalisable sur le terrain, pour des raisons économiques (trop onéreux) et pratiques (respect des délais d'attente pour le lait) (*in* Chartier *et al.*, 2001a).

4.2.2.4. Traitement anthelminthique ciblé

Barger en 1985 a montré que dans un groupe d'ovins, 80% de la charge parasitaire était portée par seulement 20% des animaux. Un traitement sélectif des animaux les plus parasités permettrait donc de conserver l'efficacité du traitement tout en abaissant le risque de résistance (en diminuant la pression de sélection). Un essai de ce type a été mené sur des ovins en Afrique du Sud, et concernait les infestations à *H. contortus*, parasite de la caillette

provoquant des anémies. Le niveau d'anémie était estimé par la méthode « FAMACHA[®] » (la couleur de la muqueuse oculaire de l'animal est comparée à des standards eux-mêmes corrélés à un taux d'anémie). Ce procédé a révélé qu'un traitement anthelminthique n'était justifié que pour 22% des animaux.

Hoste *et al.* (2000b) ont évalué l'efficacité d'un traitement ciblé sur la maîtrise du parasitisme dans un troupeau de chèvres laitières. Dans leur essai, seules les primipares et les meilleures productrices dans un groupe (ces deux catégories d'animaux sont les plus exposées au risque parasitaire) ont été traitées avec de l'oxfendazole (5mg/kg, 2 jours de suite) (traitement sélectif). Un autre groupe d'animaux a été déparasité au début de l'étude. Aucune différence significative d'excrétion fécale d'œufs de strongles et de production laitière n'a pu être mise en évidence entre les deux lots de chèvres. Ces résultats montrent qu'une application ciblée et raisonnée des traitements anthelminthiques est réalisable sans conséquence défavorable sur le parasitisme et la productivité du troupeau.

Nous avons voulu démontrer à travers ces lignes que l'émergence et l'étendue des résistances dans la population helminthique menacent grandement l'efficacité des traitements antiparasitaires et par là même l'élevage au pâturage. Cependant il existe d'autres constats inquiétants.

On assiste tout d'abord à un ralentissement dans la recherche en parasitologie vétérinaire, ceci pour des raisons d'ordre économique ou éthique (les gouvernements s'intéressent principalement aux maladies qui menacent la santé humaine) (Geary, 2000). Ainsi il serait vain d'espérer la mise au point de beaucoup d'autres nouvelles molécules dans un futur proche (Waller, 1999).

Par ailleurs, l'usage à outrance des anthelminthiques n'est pas sans conséquences sur l'environnement. On sait par exemple que les ivermectines sont néfastes à la faune de décomposition des excréments (Waller, 1993).

Enfin le cahier des charges des élevages biologiques réduit l'usage des anthelminthiques à 2 traitements par an (Cabaret *et al.*, 2002).

C'est pour toutes ces raisons qu'il devient donc urgent de développer l'usage de méthodes alternatives au traitement systématique des animaux.

4.3. Alternatives aux traitements anthelminthiques

Il n'y a pas aujourd'hui de méthode permettant de s'affranchir totalement de l'emploi des anthelminthiques (Barger, 1997). Cependant il paraît tout à fait possible d'associer à la chimiothérapie d'autres procédés, pour certains peu onéreux et faciles d'application, dans le but de diminuer fortement le nombre de traitements chimiques.

On peut diviser l'ensemble de ces méthodes dites « alternatives » en deux entités, en fonction de la population parasitaire visée: celles qui visent à réguler l'infrapopulation (les stades à l'intérieur de l'hôte) d'une part et celles qui s'intéressent à la suprapopulation (les larves infestantes) d'autre part (Jackson, 2000).

4.3.1. Méthodes de lutte visant les stades parasites à l'intérieur de l'hôte

4.3.1.1. La vaccination

Jusqu'à présent, les résultats des vaccins antiparasitaires chez les ruminants ont été assez décevants, à l'exception du vaccin contre *D. viviparus* à base de larves irradiées (Geary, 2000). Mais c'est peut être parce qu'on attendait des vaccins qu'ils soient aussi compétitifs que les anthelminthiques, en terme de coût mais aussi en terme de spectre et d'efficacité (Waller, 1999). La question se pose différemment depuis que Barnes *et al.*, en 1995, ont montré qu'un vaccin qui ne procurerait que 60% d'efficacité sur 80% du troupeau serait acceptable. Le but ici consisterait principalement à amorcer la réponse immunitaire de l'hôte, réduisant ainsi la charge parasitaire globale du troupeau.

4.3.1.2. Les compléments alimentaires

La thérapie cuprique : une libération progressive de cuivre permettrait de combler d'éventuelles carences mais aurait également une action contre les parasites de la caillette. En effet, une réduction de 96% de la population d'*Haemonchus contortus* et de 56% de celle de *Teladorsagia circumcincta* a été mise en évidence chez des ovins ayant reçu des capsules de 5g d'oxyde de cuivre. Ce traitement est sans effet sur *Trichostrongylus colubriformis* (Waller, 1999). L'efficacité d'une administration orale de cuivre (capsules contenant des aiguilles d'oxyde de cuivre) sur le parasitisme des caprins a été testée par Chartier *et al.* (2000b). L'étude a mis en évidence l'effet curatif de l'oxyde de cuivre sur des chèvres infestées expérimentalement par *H. contortus*, tandis qu'aucune efficacité n'était enregistrée vis-à-vis de *T. circumcincta* et de *T. colubriformis*. Un effet préventif a été également démontré, mais là encore seulement vis-à-vis d'*H. contortus* (réduction de la charge parasitaire et de l'excrétion fécale).

Supplémentation à base de fourrages concentrés en tannins : on a constaté une diminution des OPG et/ou de la charge parasitaire globale chez des moutons infestés naturellement ou artificiellement par des strongles gastro-intestinaux et ayant consommé ce type de fourrage. Une réduction des OPG et de la charge totale pour *T. colubriformis* a également été montrée chez des moutons en bergerie ayant reçu une ration supplémentée en extraits de tannins (*in Coop*, 2000). Les mécanismes exacts régissant ces phénomènes sont encore mal connus. On pense toutefois que les tannins contenus dans les fourrages seraient à l'origine d'une diminution de la dégradation des protéines du rumen, ces dernières devenant de fait plus disponibles dans l'intestin grêle d'où une augmentation de la réponse de l'hôte (Niezen, 1996). Une activité anthelminthique directe des tannins peut également être suspectée. Chez la chèvre les premiers résultats sont encourageants et vont dans le sens d'une diminution de la fécondité des parasites, *H. contortus* ou *T. colubriformis* (Paolini et Hoste, données non publiées).

Supplémentation en protéines chez les chèvres laitières : Etter *et al.* (2000) ont montré que la résistance des chèvres laitières vis à vis de l'infestation à *T. colubriformis* était augmentée lorsqu'elles étaient nourries avec une ration fortement supplémentée en protéines. Ce type de ration paraît avoir également un effet positif sur la résilience des laitières les plus productrices, c'est à dire sur leur capacité à maintenir leur production malgré le parasitisme. Des résultats analogues ont été obtenus en conditions naturelles d'infestation (Chartier *et al.*, 2000c).

4.3.1.3. Sélection d'animaux génétiquement résistants au parasitisme

Certaines races de ruminants montrent une résistance innée aux infestations parasitaires, particulièrement dans les régions du globe où le niveau d'exposition est important (zones tropicales et subtropicales). C'est le cas par exemple des bovins N'dama qui sont trypanotolérants ou de la race ovine Red Maasai (Afrique de l'Est) résistante aux nématodes (Waller, 1993). Il convient cependant de préciser qu'en dépit de cette résistance marquée, ces animaux ne possèdent pas d'avantages en terme de productivité ou de performance. En pratique, la résistance est appréhendée par des mesures d'excrétion d'éléments parasitaires (méthode non traumatisante, répétable et bon marché). On a démontré l'héritabilité de ce caractère (Waller, 1999).

Les premiers programmes de sélection de lignées ovines résistantes aux parasites intestinaux et abomasaux ont été mis en place en Australie et en Nouvelle Zélande (Waller, 1999). Toutefois cette méthode de lutte ne paraît offrir que des perspectives à long terme (Barger, 1996). D'autres recherches seront par ailleurs nécessaires pour s'assurer de la compatibilité de la résistance génétique avec le maintien de la productivité (Geary, 2000). Enfin, il convient de s'assurer que la sélection du caractère résistant à l'égard des nématodes ne s'accompagne pas d'une plus grande sensibilité vis-à-vis d'autres parasites ou d'autres pathogènes.

4.3.2. Méthodes de lutte visant les stades parasitaires libres

4.3.2.1. Le contrôle biologique

Cette méthode de contrôle du parasitisme s'appuie sur l'utilisation de champignons prédateurs de nématodes. Ce procédé vise à abaisser la contamination et donc la charge parasitaire des animaux en réduisant fortement la quantité de larves disponibles sur le pâturage (*in* Chartier, 2000a).

Actuellement les résultats les plus encourageants ont été obtenus avec un champignon présent naturellement dans les fèces des petits ruminants : *Duddingtonia flagrans*. Il présente en effet l'avantage de résister au passage dans le tractus digestif des ruminants puis, après une germination rapide, de coloniser les fèces et ainsi de capturer les larves de parasites avant qu'elles ne se dispersent sur le pâturage (Waller 1999).

De nombreux essais ont montré l'efficacité du pouvoir nématophage de *D. flagrans* suite à une administration par voie orale, en particulier pour les ovins et les bovins. Ainsi des réductions significatives du développement de *T. colubriformis* (Larsen *et al.*, 1998), de *Nematodirus* spp, *Ostertagia ostertagi*, et *Trichostrongylus* spp (Githigia *et al.*, 1997) ont été mises en évidence. Plus récemment, un essai a démontré l'efficacité de ce champignon vis à vis d'un des nématodes les plus répandus chez la chèvre, *Teladorsagia circumcincta*, ceci après une administration orale de 500000 spores par kg de poids vif par jour pendant 7 jours (Paraud et Chartier, 2002).

Le développement à grande échelle de cette méthode nécessite encore des études préalables (gestion de la production massive de spores, degré de compatibilité avec les traitements anthelminthiques...) et il faudra vraisemblablement attendre 3 à 5 ans avant que des champignons prédateurs de nématodes ne soient commercialisables. Néanmoins, le

contrôle biologique présente des attraits intéressants : il permet avant tout de retarder l'émergence de populations parasitaires résistantes en limitant le nombre de traitements anthelminthiques. De plus, il s'intégrerait parfaitement à un système de contrôle global du parasitisme, en permettant notamment d'alléger certains modes de gestion du pâturage (rotations plus courtes par exemple) (Niezen, 1996).

4.3.2.2. *Les méthodes de gestion du pâturage*

C'est Brundson en 1980 qui le premier introduisit le concept de « contrôle intégré » pour gérer le parasitisme des ruminants. Cette approche associe 3 grands domaines d'action : la gestion du pâturage, l'usage des anthelminthiques et le renforcement de l'immunité des animaux, naturellement ou artificiellement (Williams, 1997). En effet, comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, l'élevage des ruminants à des fins économiques ne pourra sûrement jamais s'affranchir totalement de l'emploi d'antiparasitaires. Cependant, nous allons voir que des pratiques de pâturage simples et peu onéreuses peuvent réduire la fréquence de ces traitements et ainsi améliorer le contrôle du parasitisme.

Nous appuierons notre propos sur les travaux de Michel, qui en 1985, a classé ces méthodes en 3 grands groupes : les stratégies de prévention, d'évasion et de dilution.

a) La stratégie de prévention

Cette méthode consiste à faire pâturer des animaux faiblement voire non parasités sur de parcelles elles mêmes décontaminées. Généralement un traitement anthelminthique rémanent en tout début de saison de pâture permet de supprimer à la fois l'éventuelle production d'œufs de parasites et le recyclage des larves présentes en faible quantité sur les parcelles (larves transhivernantes). Le but ultime est que la quantité de larves infestantes n'atteigne jamais des niveaux à risque pour les animaux. Ce type de stratégie est relativement simple à mettre en œuvre dès lors que l'éleveur dispose d'une surface pâturable suffisante et c'est une pratique très couramment utilisée en élevage bovin, ovin et caprin. Concernant un autre type de parasitose, la fasciolose, la mise en défend des zones à limnées est un exemple simple de stratégie de prévention (*in* Chartier 2000a).

Le contrôle intégré du parasitisme par la stratégie préventive peut s'articuler selon 2 grands types d'action : le traitement préventif classique d'une part et le pâturage alterné d'espèces hôtes différentes d'autre part. Cette dernière technique reposant sur des mécanismes auxquels nous avons choisi de consacrer la suite de notre étude, elle sera développée en détails dans la cinquième partie. Concernant le premier type de stratégie, cela peut notamment consister en l'administration, lors de la mise à l'herbe, de bolus à libération contrôlée.

Chez les ovins, la prévention peut être réalisée selon le même principe, en traitant les agneaux lors du sevrage, juste avant leur passage sur une parcelle propre. Là aussi, les animaux sont retraités ultérieurement : 2 ou 3 fois à huit semaines d'intervalle (Barger, 1997).

Il convient ici de mieux définir la notion de parcelle propre. Différentes méthodes peuvent en effet être utilisées pour parvenir à cet objectif. La première consiste à laisser la parcelle au repos suffisamment longtemps pour réduire au maximum la quantité de larves infestantes. Malheureusement cet objectif est difficilement réalisable dans les pays tempérés

car les pâtures ne sont réellement saines qu'au bout de 6 à 9 mois, en raison de la survie prolongée des éléments parasites sous ces climats (Barger, 1999). L'assainissement des parcelles peut être également obtenu en les labourant une fois tous les deux à trois ans. Comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, cela permet aussi d'agir efficacement contre les mollusques hôtes intermédiaires. Enfin l'obtention de parcelles propres peut passer par le pâturage alterné d'animaux d'espèces ou d'âges différents (Chartier et Hoste, 1997). En effet, le passage d'animaux peu ou pas réceptifs sur les parcelles permet un non recyclage des larves.

b) La stratégie d'évasion

Le but ici n'est pas d'abaisser la contamination des pâtures, mais seulement de déplacer les animaux avant que la quantité de larves infestantes sur les parcelles ne soit trop importante.

Cette stratégie est bien connue et utilisée depuis longtemps, notamment en élevage bovin avec le principe du « dose and move » développée par Michel en 1969 (figure 6). L'auteur y préconise, après un traitement anthelminthique contre le parasitisme résiduel, de déplacer les veaux sur une pâture propre. Ce changement de parcelle est effectué préférentiellement en milieu d'été afin d'échapper au pic saisonnier d'infestivité (en automne) sur l'ancienne parcelle (Barger, 1997). Cependant ce système n'est pas sans effets pervers (Eysker *et al.*, 1998) et il est impératif que les nouvelles parcelles soient les plus saines possible, que la date du traitement soit modulée en fonction des données météorologiques et que la durée du pâturage d'automne soit éventuellement raccourcie.

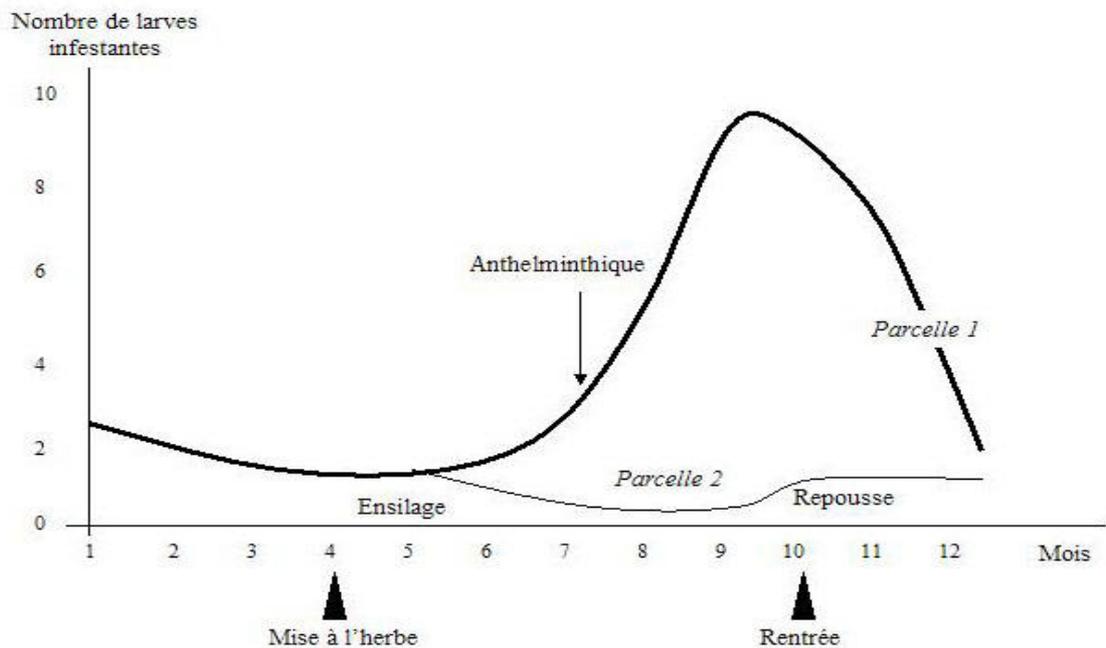


Figure n°6 : Evolution des larves infestantes sur deux parcelles selon le système « dose and move » : la parcelle 1 est pâturée jusqu'à mi-juillet, la parcelle 2 à partir de mi-juillet (*in* Chartier, 2000a).

L'efficacité de la stratégie d'évasion a également été testée chez les petits ruminants. Le principe général est d'instaurer un pâturage rotatif des animaux sur plusieurs parcelles. Le

nombre de parcelles ne doit pas être trop grand au risque de rendre le système ingérable (coût important, charge de travail décuplée). Mais inversement, si il y trop peu de parcelles, le temps de pâturage devient trop long ce qui nuit à la qualité des pâtures (celles qui sont surpâturées sont détruites et celles qui sont laissées au repos dépérissent inutilement). De la même façon, la durée de pâturage ne doit pas être trop courte sinon l'herbe n'a pas le temps de repousser. Des essais concluants ont été menés en zone tropicale avec dans un premier cas 15 paddocks pâturés une semaine chacun puis laissés au repos 14 semaines, et dans l'autre 10 paddocks, un temps de pâturage de 3,5 jours et une mise au repos de 31,5 jours (Barger, 1999).

Mais là encore, ce système de rotations s'applique surtout dans les pays tropicaux, où le temps de survie des larves est assez court (une trentaine de jours) pour mettre en place une fréquence de rotation raisonnable. Cela implique aussi que la durée du pâturage soit assez courte pour éviter toute ré-infestation des animaux au cours de leur passage sur une parcelle (il faut seulement 4 à 5 jours parfois pour que les œufs se développent en larves). Nous pouvons cependant citer une étude de Boa et al. (1997) au Danemark qui a comparé l'efficacité de quatre stratégies de contrôle du parasitisme en élevage ovin. Dans la première, 4 brebis et 8 agneaux ont été traités avec de l'albendazole à 3, 6 et 8 semaines et sont restés sur la même parcelle tout au long de l'expérience. La seconde stratégie a consisté à traiter de la même façon le même nombre d'animaux mais d'associer le dernier traitement à un passage sur une parcelle propre. Le troisième groupe d'ovins n'a reçu aucun traitement et est resté sur la même parcelle. Enfin, le dernier groupe n'a pas reçu de traitement mais a été transféré sur un pâturage propre 8 semaines après le début de l'expérience. Le système de rotation de pâturage sans traitement anthelminthique associé a eu un effet limité sur les excréments fécaux d'œufs de parasites. Par contre il a permis un gain de poids des agneaux et une baisse du pic d'infestivité des pâtures. Le parasitisme est contrôlé beaucoup plus efficacement dès que des traitements anthelminthiques accompagnent les rotations.

c) La stratégie de dilution

Un exemple simple de dilution consiste à diminuer la densité animale sur une parcelle. Il semble y avoir en effet une relation positive entre le chargement animal à l'hectare et l'excrétion fécale d'œufs. Ainsi quand la densité augmente, les animaux mangent plus ras et plus près des fèces, elles mêmes plus nombreuses, ce qui aboutit à une augmentation de l'infestation. Mais les données ne sont pas unanimes sur ce point car comme nous l'avons déjà vu précédemment, la relation inverse existe aussi: le parasitisme peut être moindre en cas de forte densité animale. En réalité, la relation densité animale/intensité de l'infestation est d'une très grande complexité car faisant intervenir de très nombreux paramètres n'agissant pas toujours dans le même sens.

La stratégie de dilution peut également exploiter les différences de réceptivité pouvant exister entre des hôtes d'espèces identiques ou non. Nous détaillerons ici surtout la méthode qui consiste à faire pâturer simultanément des animaux de la même espèce mais d'âges différents. Tout ce qui concerne l'exploitation d'hôtes hétérologues sera développé dans la partie suivante de notre exposé.

Dans l'espèce bovine principalement, les adultes font baisser le niveau d'infestation des jeunes lorsqu'ils pâturent ensemble. En effet, les adultes ont acquis une certaine immunité contre le parasitisme. D'après Barger (1997), l'association de chaque vache avec un veau divise par cinq le niveau d'infestation de la pâture par rapport à un pâturage utilisé

exclusivement par des veaux. Si l'augmentation du degré d'exposition des adultes par ce type de pâturage ne semble pas globalement être gênante, Morley (1980) met en garde cependant contre une possible prédisposition des adultes à l'ostertagiose de type II par ce genre de méthode. En outre, le contact intensifié des adultes avec les larves de *Dictyocaulus* peut générer des troubles cliniques non négligeables.

En ce qui concerne les ovins, les effets bénéfiques de l'association brebis/agneaux semblent moins marqués car les adultes contaminent les pâtures de façon plus marquée, surtout autour de la mise bas à cause du « periparturient rise » (Morley, 1980).

Enfin pour les caprins, la dilution par utilisation concomitante d'animaux d'âges différents ne semble pas justifiée en raison de la trop faible immunité des adultes vis à vis du parasitisme.

5. Pâturage d'hôtes hétérologues et lutte anthelminthique.

Le pâturage continu ou alterné d'animaux d'espèces différentes met à profit la notion de spécificité d'hôte dans le but d'optimiser le contrôle du parasitisme. Cette méthode de gestion du pâturage est intéressante parce qu'elle permet dans bien des cas de diminuer la fréquence des traitements anthelminthiques et donc de réduire la pression de sélection sur les populations de nématodes.

5.1. Spécificité d'hôte et importance des infestations parasitaires croisées

5.1.1. Qu'est ce que la spécificité d'hôte ?

C'est le principe selon lequel une espèce parasitaire prolifère chez une espèce hôte en particulier (Waller, 1999). Ainsi la transmission de ces parasites entre animaux d'espèces différentes est faible. Nous avons vu dans la première partie de notre étude quels étaient les principaux helminthes rencontrés chez les caprins. Ces parasites sont pour la plupart aussi présents chez les ovins. Ils sont donc spécifiques aux petits ruminants. On peut citer pour mémoire les espèces les plus fréquentes : *Teladorsagia circumcincta*, *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis*.

Cependant le niveau de spécificité est variable en fonction des parasites. Ainsi pour certains d'entre eux l'infestation d'une ou plusieurs autre(s) espèce(s) d'hôte est possible. On parle, lors de spécificité moyenne ou faible, de contamination croisée.

5.1.2. Les contaminations croisées

Il est très important de prendre en compte ces infestations selon leur fréquence et leur importance, car c'est principalement du degré de contamination croisée que dépendra l'efficacité du pâturage mixte ou alterné. Nous baserons notre propos essentiellement sur l'association bovins-ovins, car c'est la plus courante et donc la plus documentée.

Dès 1980, Morley et Donald distinguaient trois niveaux de contamination croisée :

- un niveau très faible marqué par une absence ou une quasi absence de reproduction du parasite chez l'hôte hétérologue. Les parasites concernés étaient *Ostertagia*, *Nematodirus*, *Oesophagostomum* et *Bunostomum*.
- un niveau intermédiaire où la reproduction chez l'hôte hétérologue semblait possible mais sans persistance du parasite à long terme. Il s'agissait principalement de *Cooperia*.
- enfin un niveau de contamination croisée plus élevé, où le parasite pouvait survivre et se reproduire. On peut citer ici l'exemple de *Trichostrongylus axei*.

5.1.2.1. Cas d'*Ostertagia ostertagi*

O. ostertagi est le parasite de la caillette le plus fréquent chez les bovins. Sa prévalence dans nos régions tempérées est souvent supérieure à 90% (Agneessens *et al.*, 2000, Borgsteede *et al.*, 2000). Le développement des larves de ce parasite dans les glandes

gastriques des bovins provoque des lésions histologiques graves à l'origine d'une augmentation du pH intra-luminal.

Malgré sa spécificité d'hôte importante, de nombreux cas d'infestation de petits ruminants par ce parasite ont été décrits depuis plusieurs décennies. Ainsi Le Jambre, dès 1978, a montré que les chèvres Angora pouvaient être des hôtes possibles pour *O. ostertagi*. Dans cette étude, des contaminations par *O. ostertagi* ainsi que des nodules abomasaux ont été mis en évidence chez des caprins ayant pâture sur des parcelles préalablement contaminées par ce parasite. Le tableau suivant donne les quantités d' *O. ostertagi* (mâles adultes) trouvées chez ces animaux.

Age des chèvres (années)	Nombre d' <i>O. ostertagi</i>	Nombre de <i>T. circumcincta</i>
2	100	140
2	100	110
2	200	160
3	40	30

Tableau n°8 : Nombre de mâles adultes des espèces *O. ostertagi* et *T. circumcincta* trouvés chez des chèvres ayant pâture sur des parcelles contaminées par ces parasites (d'après Le Jambre, 1978).

En Nouvelle Zélande, Bisset (1980) a comparé le degré d'infestation chez des veaux, des agneaux et des chevreaux ayant ingéré des L3 (dose estimée à 41 000 L3) d'*Ostertagia* spp provenant de bovins contaminés naturellement. Les différentes espèces d'*Ostertagia* présentes étaient : *O. ostertagi*, *O. cremensis*, *O. lyrata* et *O. podjapolskyi*. Contrairement aux résultats de Le Jambre, il en résulte que les caprins sont des hôtes peu favorables à *O. ostertagi*. En effet, alors que chez les veaux, 73% des parasites du genre *Ostertagia* sont des *O. ostertagi*, ce pourcentage est d'environ 47% chez les agneaux et descend à moins de 1% chez les chevreaux. Les résultats de cette expérience sont donnés par le tableau 9.

Hôte	Charge parasitaire moyenne	<i>O. ostertagi</i> (%)	<i>O. cremensis</i> (%)	<i>O. lyrata</i> (%)	<i>O. podjapolskyi</i> (%)
Veaux	22 600	73,3	21,7	1,9	3,3
Agneaux	17 050	47,8	42,4	2,1	7,8
Chevreaux	1 750	0,7	92,3	0	7

Tableau n°9 : Charges parasitaires moyennes et pourcentages des différentes espèces d'*Ostertagia* spp. chez les veaux, les agneaux et les chevreaux.

En ce qui concerne les ovins, des manifestations cliniques dues à ce parasite chez des moutons après un pâturage alterné avec des bovins ont été mises en évidence (*in* Barger 1996).

Aux Pays Bas, Borgsteede (1981) a étudié la spécificité d'hôte d'*O. ostertagi* en fonction de critères autres que sa seule capacité à s'établir chez l'animal. L'auteur a ainsi pris

en compte des facteurs tels que le nombre, la taille et le stade des vers, leur distribution dans le tractus gastro-intestinal mais aussi la durée et le niveau de production d'œufs de parasites. Afin d'évaluer tous ces critères, 5 agneaux et 5 veaux (non parasités au départ) ont été infestés expérimentalement avec 20 000 L3 de nématodes obtenus à partir de fèces de bovins ou d'ovins. Des échantillons de fèces ont été récoltés chaque jour afin de compter le nombre de larves par gramme de matière fécale. Les animaux ont été abattus 27 jours après l'infestation et les parasites gastro-intestinaux ont été comptés et identifiés. La période prépatente d'*O. ostertagi* a été évaluée à 20 jours (après l'infestation expérimentale) chez les ovins comme chez les bovins. De plus, la production d'œufs de ce parasite est toujours plus importante chez les bovins que chez les ovins. La même tendance a été constatée pour le nombre d'*O. ostertagi* dans la caillette des animaux. Chez les bovins, le maximum de vers s'élève à 1647 alors que chez les ovins ce nombre n'excède pas 132 avec une moyenne sur l'ensemble des animaux de 62.8 parasites (+/- 56.6). Cette étude montre donc que même si un passage d'*O. ostertagi* aux ovins est possible, ce parasite reste toutefois fortement inféodé aux bovins.

D'une manière générale, on peut dire que même en cas de passage d'*O. ostertagi* aux ovins ou aux caprins, la littérature ne fournit quasiment pas d'exemple de conséquences cliniques suite à cette contamination croisée (Barger, 1999).

Enfin, Bisset en 1980, après avoir montré qu'*O. ostertagi* pouvait se développer jusqu'à maturité chez les moutons, a expliqué ce résultat par une éventuelle adaptation de cette espèce aux ovins. Une telle adaptation aurait pu être facilitée par le fait que le pâturage mixte ou alterné bovins-ovins est une pratique très répandue depuis longtemps en Nouvelle Zélande.

5.1.2.2. Cas de *Cooperia* spp

Dans nos pays tempérés, l'espèce rencontrée dans l'intestin grêle des bovins est *Cooperia oncophora*. Elle a un pouvoir pathogène modéré. Comme pour *O. ostertagi*, une transmission croisée de ce parasite est possible. En effet, Southcott et Barger (1975) ont retrouvé ce parasite chez des moutons après un pâturage alterné avec des bovins. Cependant le nombre de *C. oncophora* chez ces animaux était très faible et ce n'est seulement qu'après 24 semaines de pâturage que la transmission croisée a pu être mise en évidence. De plus, aucune conséquence pathologique n'a été relevée. La productivité des animaux n'a pas été altérée. Guidici *et al.* (1999) ont évalué en Guadeloupe les conséquences parasitologiques d'un pâturage continu bovins-ovins pendant 4 ans. La mixité s'est traduite chez les moutons par une augmentation de la diversité spécifique parasitaire, augmentation due essentiellement à l'acquisition de *Cooperia* spp d'origine bovine (*C. punctata* et *C. pectinata*).

En ce qui concerne les caprins, le seul essai de contamination par *Cooperia* spp d'origine bovine dont nous ayons connaissance est celui de Bisset en 1980. Aucune présence de parasites de ce genre n'a été retrouvée après infestation de chevreaux avec des larves de *Cooperia* spp (*C. oncophora* et *C. mcmasteri*) issues de fèces de bovins.

5.1.2.3. Cas d'*Haemonchus contortus*

Ce parasite se retrouve exclusivement dans la caillette des petits ruminants. Il joue un rôle de première importance à la fois par l'ampleur des lésions qu'il produit et par sa fréquence (Kerboeuf, 1984). On a toutefois pu montrer un faible passage d'*H. contortus* chez

des veaux suite à une période de pâturage alterné avec des ovins (Southcott et Barger, 1975, Morley et Donald, 1980). De même, en zone tropicale les bovins peuvent héberger de petites populations d'*H. contortus* (Jacquiet, 1995). Concernant *Haemonchus placei*, inféodé aux bovins, sa distribution tropicale fait que nous n'envisagerons pas son éventuel passage chez les petits ruminants.

5.1.2.4. Cas de *Trichostrongylus axei*

Ce parasite peut être hébergé et se reproduire chez les bovins, les ovins, les caprins et les équins, passant d'une espèce à l'autre sans difficulté (Cabaret et Gruner, 1983). Ainsi des manifestations cliniques dues à ce parasite auraient été mises en évidence sur des moutons après un pâturage alterné ou continu avec des bovins (*in* Barger, 1996). Cette absence de spécificité d'hôte a également été confirmée par Borgsteede en 1981, suite à des infestations expérimentales d'ovins et de bovins à partir de larves provenant de bovins. Le tableau 10 donne les comptages abomasaux de *T. axei* et d'*O. ostertagi* pour les 5 paires d'animaux étudiées. Il permet de constater que le passage de *T. axei*, si il est systématique, peut varier en intensité. De plus, à part pour la paire d'animaux n°2, *O. ostertagi* a une faible intensité de passage des bovins aux ovins.

Paires Bovins-Ovins	Nombre de <i>T. axei</i> (mâles)	Nombre d' <i>O. ostertagi</i> (mâles)
B1 O1	2 31	1647 10
B2 O2	1 18	658 111
B3 O3	31 76	1441 132
B4 O4	12 42	1501 51
B5 O5	0 3	976 10

Tableau n°10 : Comptages de *T. axei* et d'*O. ostertagi* dans la caillette de 10 paires ovins-bovins (O1 = ovin n°1 ; B1 = bovin n°1, etc...). Chaque paire d'animaux a été infestée à partir d'une coproculture issue d'une ferme bovine (d'après Borgsteede, 1981).

Barger (1997) quant à lui, estime que *T. axei* pourrait répondre à l'alternance d'ovins et de bovins en augmentant sa capacité à contaminer les ovins.

On peut donc dire que la contamination croisée par *T. axei* est assez efficace pour qu'aucun contrôle fiable de ce parasite ne puisse être offert par le pâturage alterné ou continu d'espèces animales différentes (Morley et Donald, 1980).

5.1.2.5. *Les bovins : des recycleurs potentiels pour des parasites de caprins ?*

Comme nous l'avons mentionné plus haut, certains parasites sont fortement adaptés aux bovins, c'est le cas notamment d'*O. ostertagi* et de *C. oncophora*. Lors d'infestation naturelle, il est rare que des bovins hébergent des parasites de caprins. Ainsi, aux Pays-Bas, Borgsteede *et al.* (2000) ont montré dans une enquête de prévalence sur 125 vaches laitières, qu'aucun animal n'était parasité par *H. contortus* (à l'état adulte). Cependant, en Belgique, Agneessens *et al.* (2000) ont mis en évidence un résultat tout à fait original, puisqu'au cours d'une enquête de prévalence réalisée sur 121 vaches laitières, ils ont montré que 12% des animaux étaient porteurs d'*H. contortus*.

Cependant, des infestations croisées avec des parasites de petits ruminants semblent être possibles. En effet, Armour *et al.* (1988) ont noté de sévères troubles cliniques (diarrhée et perte de poids) dus à *Nematodirus battus* chez des veaux ayant pâturé sur une parcelle précédemment occupée par des ovins. L'autopsie des animaux a révélé des infestations pouvant atteindre 35 000 *N. battus*.

En conditions expérimentales, Borgsteede (1981) a mis en évidence la possibilité d'un passage d'*H. contortus* des ovins aux bovins. En effet, il a montré que des veaux pouvaient héberger cet helminthe en quantité assez importante après infestation par des larves de parasites issues de cultures fécales de moutons. Au cours de cette même étude, l'auteur a montré que les bovins pouvaient héberger (toujours en faible quantité) *T. circumcincta* et *T. trifurcta*.

5.1.2.6. *Conclusion sur l'importance des infestations croisées dans le pâturage d'hôtes hétérologues*

S'il est vrai que certains parasites ont la faculté d'infester des hôtes d'espèces différentes, la portée réelle de ces contaminations croisées semble suffisamment restreinte pour que le pâturage mixte, alterné ou continu, puisse être un moyen envisageable de contrôle du parasitisme helminthique (Morley et Donald, 1980).

Il convient cependant de porter une attention particulière au parasitisme dû à *T. axei*. Il est évident que dans les régions ou les zones où ce parasite occupe une place de première importance, le pâturage d'espèces différentes ne pourra pas être une méthode de contrôle efficace (Barger, 1999).

5.2. Efficacité du pâturage mixte dans le contrôle du parasitisme helminthique

La mixité du pâturage peut se faire selon deux modalités : soit les hôtes hétérologues passent sur les mêmes parcelles mais alternativement, soit ils pâturent simultanément. Dans le premier cas le but recherché est de décontaminer la parcelle avant le passage de l'autre espèce, tout en profitant d'une mise au repos en regard de la contamination homologue. Quand le pâturage est continu, c'est une baisse d'infestation pour les deux groupes d'hôtes qui est recherchée par diminution de la charge homologue. Nous verrons que cette démarche a également des effets positifs sur le plan agronomique.

Encore une fois nous centrerons principalement notre propos sur la mixité bovins-ovins car c'est la plus fréquemment utilisée.

5.2.1. Conséquences parasitologiques du pâturage alterné

Cette technique a fait l'objet de nombreuses études depuis assez longtemps et les résultats sur le plan parasitologique sont dans l'ensemble très encourageants.

5.2.1.1. *Les succès*

La littérature est riche d'exemples où le pâturage alterné a participé activement à une gestion efficace du parasitisme helminthique. Selon les protocoles mis en place, ce mode de gestion du pâturage est associé ou non à des traitements anthelminthiques.

Dans une étude de Niezen *et al.* (1996) en Nouvelle Zélande, deux élevages mixtes bovins-ovins (ratio de 42 : 58) ont été comparés en terme de productivité (gain de poids vif des animaux, mises bas, production de laine). Le premier type d'exploitation est dit « conventionnel » et les agneaux reçoivent 5 traitements anthelminthiques par an. Dans le second type d'élevage, la gestion du pâturage est le seul moyen utilisé pour contrôler le parasitisme des animaux. Il s'agit d'un pâturage alterné des ovins (agneaux et brebis) avec des bovins de 2 ans environ et selon différents rythmes d'alternances. L'étude a été menée sur trois ans. Si les comptages parasitaires par coproscopie ont été globalement plus élevés dans l'élevage utilisant uniquement la gestion du pâturage, les performances à l'agnelage et la production de laine ont été du même ordre dans les deux types d'exploitation.

Aux Caraïbes, Aumont *et al.* (1999) ont étudié les performances (nombre d'agneaux sevrés par année et par hectare, production laitière) et le parasitisme interne chez des brebis soumises à un pâturage alterné avec des génisses pendant 2 ans (chargement de 631 kg de poids métabolique par hectare). La parcelle utilisée était laissée au repos pendant trois semaines, puis occupée par les génisses pendant une semaine, remise au repos trois semaines et enfin occupée par les brebis pendant une semaine. Les résultats ont montré que les brebis soumises au pâturage alterné avec les génisses étaient plus productives que les brebis ayant pâture seules. Le pâturage alterné s'est également traduit par une diminution de l'excrétion fécale d'œufs de parasites.

En Australie, Barger et Southcott (1975) ont étudié l'efficacité de l'alternance bovins-ovins pour décontaminer des pâturages. Pour cela, des génisses (3 par hectare) ont pâture successivement 6 parcelles pendant un an afin de les contaminer uniformément. Ensuite, une de ces parcelles a été utilisée par des bovins non déparasités pendant 6 mois (parcelle de contrôle). Trois autres ont été pâturees par des brebis Merinos d'un an (18 brebis par hectare) ayant reçu un traitement anthelminthique juste avant (parabendazole). Les durées de pâturage ont été respectivement de 2, 4 et 6 mois. Une autre parcelle a été laissée 4 mois au repos et enfin la dernière a été pâturee pendant 4 mois par 3 génisses (3 par hectare) traitées deux fois par mois avec du 1-tetramisole hydrochloride. A la fin de la période de pâturage, des bovins d'un an (considérés comme non parasités) ont été introduits sur chaque parcelle pendant un an. Des abattages (de bovins ainsi que de trois brebis ayant servi à la décontamination d'une des parcelles) ont été effectués tous les deux mois pour établir des bilans parasitaires. Cette

expérience a montré que le pâturage alterné pouvait offrir de bons résultats, spécialement en ce qui concerne *O. ostertagi*. En effet, les bovins ayant utilisé des parcelles « décontaminées » par des brebis ont beaucoup moins d' *O. ostertagi* que les autres (jusqu'à 100 fois moins). Quant aux brebis, elles n'ont présenté que de faibles quantités de parasites après autopsie (en moyenne 30 *H. contortus*, 100 *T. colubriformis* et 15 *O. venulosum*), ce qui montre qu'elles n'ont pas contribué de manière significative à une contamination des parcelles avec des parasites d'importance économique pour les bovins.

Donald *et al.* en 1987 ont également testé en Australie et pour les mêmes espèces les effets du pâturage alterné (basé sur trois rotations en 8 mois). Les moutons ont été traités avec des anthelminthiques selon quatre fréquences : une seule fois en décembre, deux fois en décembre et février, trois fois (décembre, février et juillet) ou enfin deux fois par mois à partir de décembre. Les moutons ayant subi un pâturage alterné avec les bovins et un seul traitement anthelminthique ont montré moins de signes cliniques et une meilleure productivité (gain de poids, production de laine) que les animaux traités deux fois par mois (*in* Barger, 1996).

5.2.1.2. Les échecs

On observe des cas où les résultats se dégradent au cours du temps, ce qui pose encore une fois la question d'une éventuelle adaptation à long terme des parasites chez un hôte hétérologue. Prenons l'exemple de l'étude de Bairden *et al.* (1995) en Ecosse, dont le but était de tester l'efficacité du pâturage bovins-ovins dans le contrôle des gastro-entérites parasitaires bovines. Cette étude s'est déroulée sur quatre ans. A l'issue de la deuxième année d'étude, les charges parasitaires des veaux ayant utilisé des parcelles préalablement pâturées par des ovins, ont baissé de 70% pour *O. ostertagi* et de 30% pour *C. oncophora*. A la fin de la troisième année, les charges en *C. oncophora* des veaux en pâturage alterné ont dépassé celles des animaux témoins (séparés des moutons). Au terme de l'expérience, aucune différence significative entre les deux lots n'a pu être mise en évidence en ce qui concerne les charges en *O. ostertagi*. De plus, les veaux ayant subi un pâturage alterné avec des moutons, avaient plus de *C. oncophora* que les animaux témoins. Cette étude ne fournit pas de résultats parasitologiques pour les ovins.

5.2.2. Les avantages du pâturage continu

L'exploitation simultanée de parcelles par les bovins et les ovins peut aboutir à un faible niveau d'infestation parasitaire. Cette moindre infestation peut concerner une espèce majoritairement ou les deux. Dans les travaux de Grenet et Billant en France (1995), un pâturage continu de 15 vaches Limousine et leurs veaux avec 35 brebis Ile de France a été étudié pendant un an. Un lot témoin était constitué par des vaches uniquement. Cet essai a été répété trois ans de suite. Tous les animaux ont été pesés trois fois au cours de l'étude et des comptages de larves de strongles gastro-intestinaux ont été réalisés afin d'apprécier le niveau d'infestation parasitaire des prairies. Cette étude a montré que les veaux ont systématiquement gagné plus de poids dans le lot mixte. De plus, le nombre de larves de strongles des genres *Ostertagia* et *Cooperia* est deux fois moins élevé dans le lot mixte que dans le lot témoin.

Aux Etats Unis, Jordan *et al.* (1988) ont étudié le parasitisme d'agneaux et de veaux après un pâturage mixte continu de trois ans. Les résultats ont été comparés à ceux obtenus pour des animaux témoins (en pâturage pur). Les agneaux issus d'un pâturage mixte avec des

bovins étaient moins parasités et pesaient plus lourd que les agneaux n'ayant jamais été en contact avec des bovins.

En République Tchèque, Horák *et al.* (1999) ont travaillé sur un pâturage mixte continu ovins-bovins mené sur trois ans. Il s'agissait précisément de vaches (de 28 à 42 selon l'année d'étude) et leurs veaux mélangées à des brebis et leurs agneaux (100 en tout environ chaque année). D'octobre 1996 à septembre 1997, les auteurs ont mesuré les excréctions fécales d'œufs de nématodes gastro-intestinaux (OPG) pour 15 brebis issues du lot mixte et pour 15 ovins provenant d'un lot témoin où les brebis étaient séparées des bovins. Les brebis des deux lots avaient subi au cours de ces 11 mois de pâture 3 traitements anthelminthiques (albendazole à 5mg/kg) en octobre 1996, avril et août 1997. Comme le montre la figure 7, les valeurs d'OPG des brebis du lot mixte ont toujours été inférieures à celles des brebis en pâturage pur.

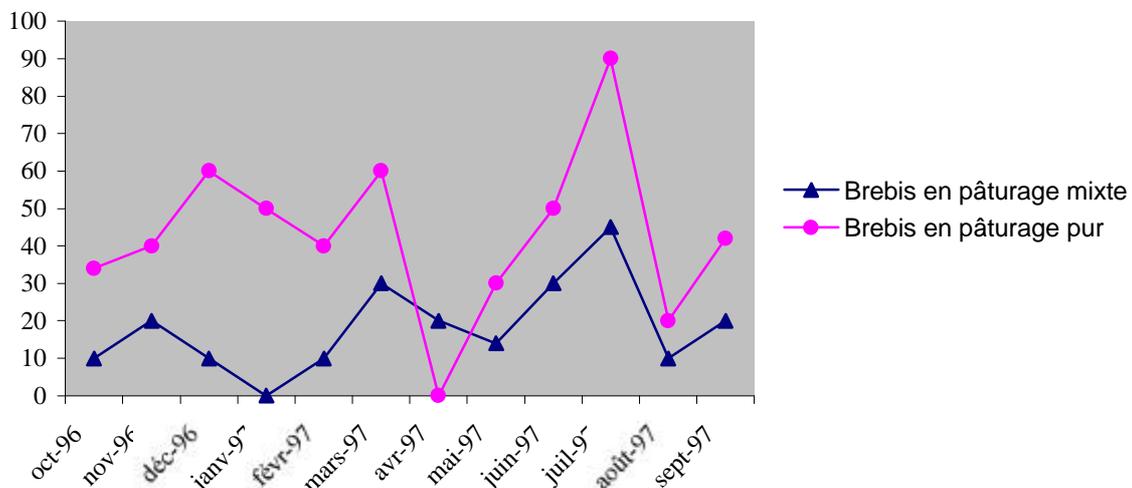


Figure n°7 : Evolution des OPG d'octobre 1996 à septembre 1997 pour les brebis en pâturage mixte et les brebis en pâturage pur (d'après Horák *et al.*,1999).

Enfin dans l'étude de Giudici *et al.* (1999) en Martinique, des agneaux ont occupé les mêmes parcelles que des génisses (ratio de une génisse pour quatre agneaux) pendant une période de quatre mois. Au total 50 agneaux ont été autopsiés et leurs parasites gastro-intestinaux ont été comptés et identifiés. Les animaux issus du lot mixte ont eu des excréctions fécales d'œufs de parasites plus faibles et des gains de poids supérieurs aux animaux du lot témoin (séparés des bovins).

5.3. Les caprins et la gestion du pâturage

Nous ne disposons que de très peu de données sur des exemples de pâturage mixte avec des caprins. Un travail mené en Martinique en 1991 apporte toutefois un éclairage précis sur les conséquences agronomiques d'une telle association. Elle concerne le pâturage concomitant d'une vingtaine de vaches croisées Zébu-Charolais (poids moyen de 325 kg) avec une centaine de chèvres de race créole et créole-Anglo-nubien (poids moyen de 27 kg). Les deux troupeaux ont été menés ensemble sur des parcelles d'environ un hectare suivant une rotation de un mois en hivernage et de 45 jours en saison sèche afin de favoriser un bon contrôle de la végétation. Il résulte de cette expérience que la compétition alimentaire avec les

bovins pousse les chèvres vers une consommation accrue d'espèces végétales considérées comme indésirables sur le pâturage. Grâce à cette complémentarité alimentaire entre les deux espèces, l'embroussaillage des pâtures est évité. Cette association apporte donc une solution au problème de l'entretien des pâtures. Cette étude ne fournit cependant aucune donnée sur le statut parasitologique des animaux (Biquand et Biquand-Guillot, 1991).

Le contrôle du parasitisme caprin grâce à la gestion du pâturage n'est ainsi quasiment pas documenté. Il est cependant avéré qu'une association caprins-ovins en pâturage alterné ou continu n'est pas à conseiller, ces deux espèces partageant les mêmes parasites (Barger, 1999).

6. Conclusion de la partie bibliographique

Faire pâturer des animaux d'espèces différentes sur les mêmes parcelles est une pratique qui, en exploitant la spécificité d'hôtes, permet dans la plupart des cas de diminuer le risque d'infestation par les helminthes. Ce procédé, en plus d'être facilement applicable et peu onéreux, permet également de réduire la fréquence des traitements antiparasitaires, préservant ainsi leur efficacité à long terme.

Peu d'études ont été réalisées pour tester les effets d'un pâturage mixte bovins-caprins. Or les caprins sont au premier rang des espèces pour lesquelles la mise en place de méthodes alternatives aux traitements anthelminthiques est plus que jamais une urgence.

L'objectif de notre travail est donc d'étudier le parasitisme helminthique de caprins provenant de troupeaux dans lesquels différents niveaux d'association avec des bovins peuvent être mis en évidence. Cette étude basée sur l'examen nécropsique de chèvres de réforme est essentiellement faunistique avec la caractérisation qualitative et quantitative des populations helminthiques et intéresse une région d'élevage où la mixité caprin-bovins est largement pratiquée : le département de la Saône et Loire.

ETUDE PERSONNELLE
ETUDE FAUNISTIQUE COMPAREE DU PARASITISME HELMINTHIQUE DES
CAPRINS EN FONCTION DE L'ASSOCIATION OU NON AVEC LES BOVINS

1. Objectifs

Nous nous proposons, grâce à cette étude, d'apporter deux types d'information.

1.1. Nature du parasitisme helminthique des caprins en Saône et Loire

Des informations originales seront acquises sur les strongyloses gastro-intestinales, le téniasis, les strongyloses respiratoires et les douves des caprins dans ce département. Ces données pourront être comparées aux autres régions d'élevage caprin, comme Poitou-Charentes par exemple. Ceci devra permettre une meilleure adéquation des programmes de prophylaxie.

1.2. Comparaison du parasitisme dans les troupeaux caprins et les troupeaux mixtes caprins-bovins

Nous espérons en effet apporter des éléments de réponse à la question : les peuplements parasitaires sont-ils différents lorsqu'il y a association avec les bovins ? Cette comparaison est également valable sur le plan qualitatif : la nature du parasitisme est-elle différente dans ces deux types d'élevages et en particulier les caprins hébergent-ils de manière significative des parasites de bovins ?

Ces deux notions, diversité spécifique et intensité, permettront une première évaluation de l'intérêt du pâturage mixte avec les bovins dans la maîtrise des helminthoses caprines.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description du cadre de l'étude

2.1.1. Présentation de la zone d'élevage : la Saône et Loire

2.1.1.1. Milieu naturel, relief et climat

Ce département, situé entre les deux cours d'eau qui lui ont donné son nom, se trouve à égale distance entre le nord et le sud de la France. Il s'étend sur 8575 km² ce qui en fait le septième département français par sa surface. Dans l'ensemble, le relief est peu élevé et le point culminant se situe dans le Morvan au Haut-Folin (902 m). A la fois sous influence océanique et méditerranéenne, la Saône et Loire a un climat dit « semi-continentale ». Les hivers sont généralement peu rigoureux (sauf pour les zones d'altitude) et les étés tempérés, avec une température moyenne d'environ 20 degrés. Les précipitations sont assez bien réparties tout au long de l'année.

2.1.1.2. Le berceau de la race bovine charolaise

La Saône et Loire est le département qui a la plus grande surface agricole utile. Cette surface est occupée pour deux tiers par de la prairie naturelle. La production principale est l'élevage de bovins allaitants. La Saône et Loire détient en effet le plus important cheptel allaitant français, avec environ 230 000 vaches, de race charolaise en quasi-totalité.

2.1.1.3. L'élevage caprin

Le département compte aujourd'hui 29 500 chèvres (soit 3% du cheptel national) réparties dans 2500 élevages. La production caprine de Saône et Loire est caractérisée par le fait que plus de 85% des volumes de lait produits sont transformés en fromage à la ferme. La vente directe est le système de vente principal. Début 2002, le Comité National des Produits Laitiers a voté à l'unanimité le principe de reconnaissance en Appellation d'Origine Contrôlée pour deux fromages du département : le Charolais et le Mâconnais.

En Bourgogne, et plus particulièrement en Saône et Loire, l'élevage caprin est très souvent un atelier complémentaire à la production de bovins allaitants. Cette fréquence importante des élevages mixtes a été un critère de choix pour le cadre de notre étude.

2.1.2. Sélection des exploitations caprines

La sélection des élevages susceptibles de participer à notre étude a été réalisée avec l'aide du Groupement de Défense Sanitaire de Saône et Loire (le GDS 71). Toutes les exploitations devaient comporter des caprins en pâturage et la moitié d'entre elles devaient avoir en plus des bovins. Deux considérations ont été prises en compte :

- A chaque élevage « caprin pur » devait être associé un élevage « caprin-bovin » comparable pour les autres aspects (zone géographique, mode d'élevage et production »,
- Les élevages « caprins-bovins » devaient présenter un gradient d'association, c'est-à-dire que l'on devait avoir sur l'ensemble des exploitations retenues une diversité dans l'association pouvant aller du simple passage des bovins sur les parcelles caprines en fin d'année à un vrai pâturage alterné voire mixte (les deux espèces sont constamment ensemble).

En définitive, 22 élevages de Saône et Loire ont participé à notre étude. Parmi eux, 8 entrent dans la catégorie « caprin pur » et 14 dans la catégorie « caprins-bovins ». L'équité a pu être respectée en ce qui concerne les élevages « caprins-bovins » puisque 7 d'entre eux sont caractérisés par une mixité moyenne des animaux et les 7 autres par une mixité importante. Nous avons en effet attribué à chaque élevage un indice de mixité variant de 1 à 3. L'indice 1 correspond à la catégorie « caprin pur ». L'indice de mixité 2 concerne les élevages pratiquant un pâturage caprins-bovins alterné (mixité moyenne). Les élevages où les deux espèces pâturent de façon continue sur les mêmes parcelles ont un indice de mixité 3 (mixité importante). Les tableaux 11 et 12 donnent la description précise des 22 élevages sollicités pour notre travail.

N°	Nombre de chèvres	Durée annuelle du pâturage (mois)	Surface de pâturage (ha)	Nombre de parcelles pâturées	Durée de pâturage (h) / jour	Durée de pâturage (j) / parcelle	Autre(s) apport(s)	Autres animaux présents dans l'élevage
1	90	12	4	1	12	/	F+C	BV (25)
2	46	8	12	7	9	15	F	OV + EQ
3	55	12	5	1	12	/	F	BV (250)
4	60	12	2,2	1	12	/	F+C	BV (80)
5	70	12	4	2	20		F	BV + PC
6	50	12	3	1	9	/	F	BV + OV
7	45	7	2	2	15	15	F	BV (30)
8	130	8	17	14	7	2	F	EQ (1)
9	28	12	6	4	9	20	F	BV (58)
10	35	12	9	5	20	5	F	BV (42)
11	180	6	12	5	7	12	F	BV (30)
12	35	9	5	6	20	7	F	BV (45)
13	50	9	23	4	14	/	F	BV (40)
14	51	8	10	6	12	10	F+C	BV (70)
15	49	12	9	8	7	/	F	BV (25)
16	16	12	15	10	11	/	non	BV (16)
17	61	12	7	3	8	/	non	BV (80)
18	66	12	11	6	8	30	F	BV (55)
19	25	8	3	1	8	/	F	BV (70)
20	125	12	20	4	12	/	F	BV (46)
21	110	7	6	3	3	/	F	BV (10)
22	29	8	17	2	22	120	F	BV (57)

Tableau n°11: Caractéristiques générales des 22 élevages de l'étude (F = foin, C = concentrés, OV = ovins, BV = bovins, EQ = équins).

N°	Nombre de bovins pâturant avec les chèvres	Age des bovins pâturant avec les chèvres	Type de pâturage	Indice de mixité	Remarques
1	0	/	/	1	8 j de pâturage commun / an
2	0			1	pâturage alterné pour déprimage
3	0			1	aucun contact
4	0			1	aucun contact
5	0			1	aucun contact
6	0			1	4 OV en continu
7	0			1	bâtiment commun CP/BV
8	0			1	aucun contact
9	6	adultes	continu	3	/
10	3	adultes	continu	3	/
11	25	adultes	alterné	2	/
12	40	adultes + veaux	alterné	2	/
13	40	adultes + veaux	continu	3	/
14	5	adultes	alterné	2	/
15	25	adultes	continu (5) + alterné (20)	2	/
16	11	adultes + veaux	continu	3	/
17	8	adultes	alterné	2	/
18	15	adultes	alterné	2	/
19	5	veaux	alterné	2	/
20	35	adultes + veaux	continu	3	/
21	10	adultes + veaux	continu	3	/
22	57	adultes + veaux	continu	3	/

Tableau n°12: Caractéristiques de mixité des 22 élevages de l'étude (les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de bovins concernés par le mode de gestion de pâturage)

Enfin, chaque éleveur participant à notre étude a rempli un questionnaire, fourni par le GDS 71, afin de préciser le mode de conduite de ses animaux. Un exemplaire de ce questionnaire est donné en annexe de ce document.

2.1.3. Les animaux

Chaque élevage participant a fourni entre une et trois chèvres. Au total nous avons disposé de 46 animaux, qui ont tous été achetés au cours de l'automne 2001. Conformément à ce qui avait été précisé dans les critères de sélection, ces animaux avaient au moins deux ans (il s'agissait essentiellement de chèvres de réforme), n'étaient pas vermifugés depuis au moins deux mois et ne présentaient pas de signe apparent de maladie. Toutes les chèvres appartenaient aux races Alpine, Saanen ou Poitevine (quelques individus).

2.2. Récolte des données

2.2.1. Analyses réalisées avant la mort des animaux

Les 46 chèvres ont toutes été acheminées par camion à l'AFSSA de Niort le 16 novembre 2001. Un animal est mort pendant le transport, il a été autopsié le 17/11/01. Les autres animaux ont été abattus et autopsiés à partir du 19/11/01 et jusqu'au 30/11/01.

2.2.1.1. Mesure de l'hématocrite

L'hématocrite a été déterminé par microcentrifugation d'un prélèvement sanguin (sur tube EDTA).

2.2.1.2. Notation des muqueuses par la méthode FAMACHA⁰

L'examen des muqueuses oculaires de chaque animal a permis d'apprécier le niveau d'anémie selon la grille FAMACHA[®] (Vatta *et al.*, 2001) fournie par le Dr Vatta de l'université de Pretoria (ce document est donné en annexe). La note d'anémie est croissante de 1 (absence d'anémie) à 5 (anémie très prononcée).

2.2.1.3. Coproscopies

Un prélèvement rectal de fèces a été réalisé sur chaque chèvre. Un examen coproscopique quantitatif en cellule de Mc Master (iodomercurate de potassium) a permis d'identifier et de dénombrer les différents œufs d'helminthes selon Raynaud (1970) et Thienpont *et al.* (1995).

2.2.2. Analyses de laboratoire post mortem

2.2.2.1. Autopsies

Chaque chèvre a reçu une injection intraveineuse de 10 ml de Pentobarbital sodique à 20% (DOLETHALND) puis a été saignée. Les viscères digestifs ont été extraits et individualisés. La caillette ainsi que les 6 premiers mètres de l'intestin grêle ont été ligaturés puis congelés en vue d'un traitement ultérieur.

a) Appareil digestif

α. Rumen et réseau

Ces deux organes ont été inspectés avec soin afin de mettre en évidence la présence éventuelle de paramphistomes. Une numération des parasites a été réalisée sur 25 animaux. Les deux organes ont été lavés sous un jet d'eau puissant puis les parasites récoltés ont été dénombrés et identifiés.

β. Cæcum, colon et colon spiral

Après avoir été ouverts et dévidés, ces organes ont été examinés pour déceler la présence d'Oesophagostomes, de Trichures ou de *Chabertia*. Les parasites ont été récoltés directement. Dans le cas de fortes infestations à *Oesophagostomum* sp, l'ensemble de l'organe a été lavé puis tamisé sur un tamis de 400 µm. Le produit du tamisage a été formolé puis traité ultérieurement pour dénombrement.

γ. Foie

Le foie a fait l'objet d'une recherche de lésions indiquant la présence de *Fasciola hepatica* et/ou *Dicrocoelium lanceolatum*. Ces lésions sont de type cholangite et cirrhose ou simplement des dilatations biliaires. Les canaux biliaires ont été incisés en plusieurs endroits et pressés afin de mettre en évidence les deux parasites. Un examen du contenu de la vésicule biliaire a également été réalisé. La bile a été centrifugée (1500 tours/mn pendant 5 mn) puis le culot de centrifugation a été examiné au microscope (G ×40).

b) Appareil respiratoire

La présence de lésions macroscopiques dues aux protostrongles a été recherchée. *Muellerius capillaris* provoque dans la plupart des cas des lésions de type pneumonie blanche ou grise concentrées sur la partie postérieure dorsale des lobes diaphragmatiques. Les lésions ont fait l'objet d'un grattage au scalpel dans une boîte de Petri remplie d'un peu d'eau. Les fragments de parasites adultes ainsi que les larves L1 ont été identifiés au microscope (G ×200).

2.3. Analyses parasitologiques sur les caillottes et les intestins grêles

2.3.1. Préparation et traitement des viscères

Les viscères ont été mis à décongeler à température ambiante 24 heures avant leur préparation. Ensuite chaque organe a été ouvert avec des ciseaux à pointe mousse puis vidé dans un seau contenant 5 litres d'eau. La muqueuse a été rincée plusieurs fois et frottée pouce à pouce afin de détacher tous les vers.

Le contenu du seau a été homogénéisé puis une partie aliquote de 250 ml (prélèvement au 1/20^{ème}) a été prélevée et passée sous eau sur un tamis à 50 µm. Le contenu du tamis a été récupéré. Cette partie aliquote, après ajout de quelques gouttes de formol à 37%, a pu être conservée à la température de +4°C en chambre froide.

2.3.2. Récolte des parasites

La récolte des parasites a été effectuée pour la totalité des échantillons à l'aide d'une loupe binoculaire (× 30). Les vers adultes ont été extraits à l'aide d'une aiguille fine montée sur manche. Les mâles ont été séparés des femelles. Une fois prélevés et comptés, les vers ont été conservés à température ambiante dans de l'alcool à 70°.

2.3.3. Diagnose des helminthes

Nous avons réalisé ce travail d'identification seulement sur les vers mâles. La diagnose a concerné tous les vers quand les échantillons comportaient moins de 100 parasites. Pour les autres, on a prélevé au hasard entre 80 et 100 parasites par échantillon. Cette identification a été faite sous microscope, essentiellement aux grossissements $\times 100$, $\times 200$ et $\times 400$.

En ce qui concerne la diagnose des helminthes courants, nous avons eu recours aux clés des ouvrages classiques (Ransom, 1911 ; Skrjabin *et al.*, 1954 ; Soulsby, 1982).

Les différentes clés d'identification que nous avons utilisées pour les familles, genres et espèces particuliers sont regroupées dans le tableau suivant.

Famille, genre ou espèce de parasites	Clé d'identification
<i>Ostertagiinae</i>	Fruetel et Lankester, 1989 Durette-Desset, 1983
<i>Haemonchus sp.</i>	Gibbons, 1979
<i>Cooperia sp.</i>	Gibbons, 1981
<i>Trichostrongylidae</i>	Gibbons et Khalil, 1982
<i>Nematodirus sp.</i>	Durette-Desset, 1979

Tableau n°13 : Clés d'identification utilisées pour des familles, genres ou espèces particuliers.

L'identification des Paramphistomes a été réalisée par le Professeur S.L. Eduardo (College of Veterinary Medicine, Laguna, Philippines) sur une partie des prélèvements (chèvres n° 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15 et 16).

2.4. L'analyse des données

Les définitions des termes « prévalence » et « charge moyenne d'infestation » sont celles données par Margolis *et al.* (1982). La prévalence, qui est exprimée en pourcentage, est le nombre d'individus d'une espèce hôte infestés par un parasite déterminé sur le nombre total des hôtes examinés. La charge moyenne d'infestation est égale au nombre moyen de parasites par individu hôte infesté dans l'échantillon.

Les différents calculs statistiques élémentaires (moyennes, écarts-types) ont été calculés avec le logiciel Microsoft EXCEL (version 2000). Les calculs d'indice de diversité (indice de Shannon), d'équitabilité (indice d'équitabilité de Pielou) ont été réalisés à l'aide du logiciel BIODIV 4.1 (Pensoft, Sofia, 1993, Bulgarie). La comparaison des charges parasitaires et des indices de diversité et d'équitabilité entre les trois groupes de mixité a été réalisée à l'aide du logiciel STAT-ITCF (version 5, 1987-1993) et nous avons utilisé le test non paramétrique de Kruskal-Wallis.

Dans notre étude, nous avons mesuré la richesse spécifique des populations helminthiques, c'est-à-dire le nombre d'espèces helminthiques présentes chez chaque animal. Cependant ce paramètre est une mesure insuffisante pour mesurer la diversité spécifique de ces populations car il ne tient pas compte de la composition quantitative des espèces d'un peuplement. La diversité spécifique, c'est à dire la proportion de chaque espèce au sein d'une communauté, comprend par définition trois sortes de diversité : « la diversité alpha », « la diversité bêta » et « la diversité gamma ».

- La diversité alpha : c'est la mesure de la diversité spécifique au sein d'un peuplement ou d'un habitat (un élevage caprin par exemple).
- La diversité bêta : c'est la mesure de la diversité spécifique tout au long d'un gradient d'un élevage à un autre.
- La diversité gamma : c'est la diversité spécifique d'un rang d'habitats dans une aire géographique. Par conséquent, la diversité gamma est l'extension des diversités alpha et bêta. Elle concernera la diversité intra et inter-élevages d'une région selon les caractéristiques d'environnement.

Les indices de diversité se divisent en trois groupes : les indices de dominance, les indices de diversité *sensu stricto* et les indices d'équitabilité. Dans notre travail, nous avons eu recours à l'indice utilisé dans la plupart des études consacrées à la diversité des populations helminthiques des petits ruminants (Cabaret et Schmidt, 2001) : l'indice de diversité de Shannon. Cet indice est calculé avec la formule : $H' = -\sum p_i \ln p_i$, où p_i représente la contribution proportionnelle de l'espèce ou du genre i dans la communauté de strongles du tractus digestif (\ln est le logarithme népérien). Cet indice prend en compte la diversité alpha. Ses valeurs varient de zéro (quand tous les individus appartiennent à la même espèce) à $\ln N$ si le nombre d'espèces est égal au nombre d'individus.

Les indices d'équitabilité mesurent quant à eux l'égalité d'abondance des espèces au sein d'un peuplement : ils varient de 0 à 1. L'équitabilité augmente avec la richesse spécifique c'est-à-dire avec le nombre d'espèces.

Enfin, nous avons utilisé le logiciel STAT-ITCF (version 5, 1987-1993) pour l'Analyse Factorielle Discriminante.

3. Résultats

3.1. Résultats généraux

3.1.1. Les différents parasites recensés

Le tableau 14 dresse la liste de toutes les espèces d'helminthes que nous avons trouvées à la suite des coproscopies et des autopsies des 46 chèvres du département de Saône et Loire.

Classe	Famille	Espèce
NEMATODES	Trichostrongylidés	<i>Cooperia curticei</i>
		<i>Haemonchus contortus</i>
		<i>Nematodirus battus</i>
		<i>Nematodirus fillicolis</i>
		<i>Ostertagia ostertagi</i>
		<i>Teladorsagia circumcincta</i> et son morphe
<i>Teladorsagia trifurcata</i>		
<i>Trichostrongylus axei</i>		
<i>Trichostrongylus colubriformis</i>		
		<i>Trichostrongylus vitrinus</i>
	Strongylidés	<i>Oesophagostomum venulosum</i>
		<i>Chabertia ovina</i>
	Oxyuridés	<i>Skrjabinema ovis</i> *
	Trichuridés	<i>Trichuris discolor</i> *
	Strongyloïdés	<i>Strongyloides papillosus</i> *
	Protostrongylidés	<i>Muellerius capillaris</i>
CESTODES	Anoplocéphalidés	<i>Moniezia spp.</i>
	Taeniidés	<i>Cysticercus tenuicollis</i>
TREMATODES	Dicrocoelidés	<i>Dicrocoelium lanceolatum</i>
	Fasciolidés	<i>Fasciola hepatica</i>
	Paramphistomatidés	<i>Calicophoron daubneyi</i>

Tableau n° 14 : Récapitulatif des helminthes digestifs et respiratoires des caprins dans 22 élevages de Saône et Loire (* : helminthes identifiés seulement par coproscopie).

Durant notre étude, nous avons recensé 21 espèces d'helminthes appartenant à 11 familles différentes. La majorité de ces parasites a été mise en évidence par examen direct des

organes. Seuls *Strongyloides papillosus* et *Skrjabinema ovis* n'ont été identifiés que par examen coproscopique.

3.1.2. Prévalences et/ou charges parasitaires

3.1.2.1 Parasites de la caillette, de l'intestin grêle et du gros intestin

	Espèces	Prévalence	Charge parasitaire	Mini-maxi
Caillette	<i>H. contortus</i>	74% ± 6,5%	642 ± 1103	20 - 5837
	<i>T. circumcincta</i>	87% ± 5%	1337 ± 1832	20 - 11483
	<i>T. trifurcata</i>	60,9% ± 7,2%	178 ± 165	38 - 899
	<i>O. ostertagi</i>	19,6% ± 5,9%	149 ± 185	31 - 563
	<i>T. axei</i>	8,7% ± 4,2%	223 ± 255	48 - 601
Intestin grêle	<i>T. colubriformis</i>	97,8% ± 2,2%	7949 ± 9934	40 - 36080
	<i>T. vitrinus</i>	10,9% ± 4,6%	1666 ± 1454	49 - 3114
	<i>N. battus</i>	13% ± 5%	878 ± 1403	40 - 3954
	<i>N. fillicolis</i>	10,9% ± 4,6%	1412 ± 2896	38 - 6590
	<i>C. curticei</i>	10,9% ± 4,6%	329 ± 338	80 - 920
Gros intestin	<i>Trichuris discolor</i>	30,4% ± 6,8%	12 ± 16	1 - 57
	<i>Chabertia ovina</i>	10,9% ± 4,6%	2 ± 3	1 - 7
	<i>O. venulosum</i> (colon+caecum)	80,4% ± 5,9%	40 ± 79	1 - 365
	<i>O. venulosum</i> (colon spiral)	19,6% ± 5,9%	6 ± 9	1 - 27

Tableau n°15 : Prévalences et charges parasitaires moyennes des helminthes de la caillette, de l'intestin grêle et du gros intestin.

Les espèces parasitaires présentes dans ces trois organes ainsi que leur prévalence et les intensités moyennes d'infestation sont donnés dans le tableau 15.

Les espèces les plus fréquemment rencontrées dans la caillette sont *T. circumcincta* (87%) et *H. contortus* (74%). Les charges parasitaires moyennes associées à ces deux espèces sont respectivement de 1337 et 642 vers. *T. axei* est l'espèce la moins représentée avec une prévalence de 8,7%. *O. ostertagi*, parasite habituellement inféodé aux bovins, a pu être mis en évidence chez 9 chèvres ; l'intensité d'infestation par cet helminthe reste toutefois relativement faible (178 vers en moyenne).

En ce qui concerne l'intestin grêle, c'est *T. colubriformis* que l'on retrouve à une écrasante majorité puisque près de 98% des chèvres hébergeaient ce parasite. La charge parasitaire moyenne associée à cette espèce est la plus importante pour l'ensemble des strongles gastro-intestinaux avec 7949 vers. Les prévalences des autres helminthes pour cet organe sont toutes inférieures à 14%, même si les intensités d'infestation varient beaucoup (329 vers pour *C. curticei* contre 1666 pour *T. vitrinus*).

Concernant le gros intestin, on notera que plus de 80% des animaux étaient porteurs d'*Oesophagostomum venulosum* au niveau de la partie distale du colon et du cæcum. Ce parasite a également été retrouvé dans le colon spiral de près de 20% des chèvres. Par ailleurs, environ 10% des chèvres hébergeaient *Chabertia ovina* avec des charges parasitaires très faibles (2 vers en moyenne).

3.1.2.2. Nématodes de l'appareil respiratoire, cestodes et trématodes

	Espèces	Prévalences
Nématodes de l'appareil respiratoire	<i>Mullerius capillaris</i>	89,1% ± 5%
Cestodes	<i>Moniezia</i> spp	8,7% ± 5%
Trématodes	<i>F. hepatica</i>	8,7% ± 5%
	<i>D. lanceolatum</i>	82,6% ± 6%
	<i>C. daubneyi</i>	58,7% ± 7%

Tableau n°16 : Prévalences des espèces de nématodes de l'appareil respiratoire, de cestodes et de trématodes.

La quasi-totalité des animaux est parasitée par *M. capillaris*, seul protostrongle identifié, et par la petite douve, *D. lanceolatum*. Les paramphistomes sont présents chez plus de la moitié des chèvres tandis que le téniasis à *Moniezia* spp et la fasciolose à *F. hepatica* ne concernent que 8,7% des animaux.

3.1.3. Valeurs coproscopiques

3.1.3.1. Résultats généraux

L'examen coproscopique des matières fécales a permis de mettre en évidence des œufs de parasites correspondant à huit catégories d'helminthes différentes. Pour chacune de ces catégories, le tableau 17 donne les valeurs moyennes d'OPG (nombre d'Oeufs Par Gramme de fèces) ainsi que le pourcentage d'animaux concernés.

	OPG	Prévalence
SGI	3310 ± 3741	95,7% ± 3%
<i>C. daubneyi</i>	318 ± 419	41,3% ± 7,3%
<i>Nematodirus spp</i>	50 (une valeur)	2,2%
<i>F. hepatica</i>	50 (une valeur)	2,2%
<i>D. lanceolatum</i>	106 ± 61	37% ± 7,1%
<i>Skrjabinema ovis</i>	175 ± 177	4,4% ± 3%
<i>Strongyloides spp</i>	50 (une valeur)	2,2%
<i>T. discolor</i>	450 ± 729	15,2% ± 5,3%

Tableau n°17: Valeurs moyennes d'OPG pour les huit groupes parasitaires recensés lors des coproscopies et prévalences correspondantes.

Sur 46 chèvres, deux seulement ont révélé un examen coproscopique négatif vis-à-vis des œufs de strongles gastro-intestinaux (SGI). A *contrario*, on a mis en évidence des œufs de *Nematodirus spp* chez un animal seulement. Le constat est identique en ce qui concerne les œufs de *F. hepatica* et de *Strongyloides*. La comparaison avec le tableau 16 montre des discordances entre coproscopie et bilan parasitaire, en particulier pour *F. hepatica* (respectivement 2,2 et 8,7%) et *D. lanceolatum* (37 et 82,6%).

3.1.3.2. Cas des strongles gastro-intestinaux

Coproscopie (OPG)	Charge parasitaire	Nombre d'animaux (%)
niveau faible < 500	4393 ± 4979	6 (13)
niveau moyen 500 - 2000	8644 ± 9230	17 (37)
niveau élevé >2000	13366 ± 12418	23 (50)

Tableau n°18 : Strongles gastro-intestinaux : résultats coproscopiques, charges parasitaires moyennes et pourcentages d'animaux concernés.

Nous avons regroupé au tableau 18 les valeurs coproscopiques en trois classes : < 500 OPG, 500 – 2000 OPG et >2000 OPG. Les classes de valeurs coproscopiques sont définies selon Mc Kenna (1985). Elles correspondent à des charges parasitaires, exprimées en nombre de strongles gastro-intestinaux, croissantes allant de 4300 à plus de 13000 vers.

3.1.3.3. Cas des paramphistomes

En ce qui concerne les paramphistomes, nous avons réalisé un comptage direct dans le rumen pour environ la moitié des animaux.

Classe	Coproscopie (OPG)	Charge parasitaire	Effectif
0 OPG	0	253 +/- 957	16
50 - 100 OPG	79 +/- 27	305 +/- 306	7
250 - 1050 OPG	650 +/- 565	937 +/- 1178	2
Total	74 +/- 211 p = 0,03%	322 +/- 830 p = 1,22%	25

Tableau n°19 : Paramphistomes : classes d'OPG, charges parasitaires moyennes et effectif pour les trois classes.

Les résultats du tableau 19 montrent la présence de paramphistomes immatures en quantité non négligeable chez des animaux à coproscopie négative. La petite série (9) d'animaux positifs en coproscopie et sur lesquels une numération parasitaire a été effectuée, permet de mettre en évidence une élévation coproscopique parallèlement à une augmentation de la charge parasitaire. En effet, les charges moyennes pour les trois classes sont significativement différentes (p 1,2%).

3.1.4. Analyse FAMACHA®

Score FAMACHA®	Nombre de chèvres	Hématocrite	Charge en <i>H. contortus</i>	Charge en SGI (OPG)	Nombre total de vers
1-2	22	31% +/- 6%	287 +/- 417	2275 +/- 1825	7270 +/- 9018
3	15	29% +/- 5%	252 +/- 351	1943 +/- 1306	9055 +/- 8770
4-5	7	16% +/- 5,4%	1521 +/- 2196	7507 +/- 5308	15916 +/- 14385

Signification statistique	p < 0,1%	NS	p < 5%	NS
----------------------------------	----------	----	--------	----

Tableau n°20 : Nombre de chèvres, valeur d'hématocrite, charge moyenne en *H. contortus*, charge coproscopique en strongles gastro-intestinaux (SGI) et nombre total de vers en fonction du score FAMACHA®.

Le tableau 20 montre que les chèvres ayant obtenu les scores FAMACHA® les plus élevés sont celles qui sont le plus parasitées par *H. contortus*. Cependant, les intensités d'infestation par *H. contortus* ne sont pas significativement différentes selon les trois classes de score FAMACHA®. *A contrario*, il existe une différence statistiquement significative selon la charge coproscopique en strongles gastro-intestinaux. Là encore, les scores FAMACHA® les plus élevés correspondent aux plus fortes excrétions d'œufs de strongles.

3.2. Distribution du parasitisme helminthique selon le niveau de mixité des troupeaux avec les bovins

3.2.1. Helminthes de la caillette

Les prévalences et les intensités moyennes d'infestation pour les cinq espèces d'helminthes abomasaux sont données dans le tableau 21. On remarque que les différences de charges moyennes entre les groupes sont significatives pour les deux morphes du genre *Teladorsagia*. **La charge en *T. circumcincta* diminue considérablement quand la mixité caprins-bovins augmente.** En ce qui concerne *T. trifurcata*, l'infestation est la plus importante dans le groupe de mixité moyenne, elle est très faible dans le groupe où les caprins sont très mélangés aux bovins. Les différences de prévalence entre les groupes ne sont pas significatives ($p > 0,05$).

O. ostertagi est présent dans les trois groupes de chèvres avec des prévalences et des intensités d'infestation variables mais non significatives. *T. axei* semble plus présent et avec des intensités plus importantes dans le groupe 2 (différences non significatives).

	Prévalence			Charge moyenne			Signification
	1	2	3	1	2	3	
<i>H. contortus</i>	87,5% ± 11,7%	85,7% ± 13,2%	100%	515 ± 684	758 ± 1109	275 ± 407	NS
<i>T. circumcincta</i>	100%	100%	85,7% ± 13,2%	17 451 ± 721	1236 ± 560	411 ± 760	p = 1,68%
<i>T. trifurcata</i>	87,5% ± 11,7%	100%	42,9% ± 18,7%	123 ± 142	163 ± 96	45 ± 88	p = 4,35%
<i>O. ostertagi</i>	25% ± 15,3%	57,1% ± 18,7%	14,3% ± 13,2%	12 ± 22	102 ± 150	2 ± 6	NS
<i>T. axei</i>	12,5% ± 11,7%	42,9% ± 18,7%	0%	6 ± 18	108 ± 223	0	NS

Tableau n°21 : Parasites de la caillette : prévalences et charges moyennes selon l'indice de mixité du groupe d'élevages (indice d'ordre croissant). La dernière colonne indique si les différences observées entre les trois groupes pour les charges parasitaires sont significatives et si oui avec quelle probabilité p (NS = non significatif).

3.2.2. Helminthes de l'intestin grêle

Les prévalences et les charges moyennes pour les cinq espèces d'helminthes trouvées dans l'intestin grêle sont données par le tableau 22. Il n'y a pas de différence significative entre les trois groupes concernant les prévalences. En revanche, **nous avons trouvé une différence significative entre les groupes de mixité pour les charges parasitaires avec *T. colubriformis* : pour cette espèce, les charges parasitaires sont de moins en moins importantes quand la mixité caprins-bovins s'intensifie.** Pour les autres nématodes, en particulier *T. vitrinus* et les deux espèces de *Nematodirus*, il semble y avoir également une tendance à la diminution des charges parasitaires avec l'augmentation de la mixité. Toutefois ces différences ne sont pas significatives.

	Prévalence			Charge			Signification
	1	2	3	1	2	3	
<i>T. colubriformis</i>	100%	100%	100%	11887 ± 8543	4721 ± 6340	3870 ± 2853	p=3,15%
<i>T. vitrinus</i>	25% ± 15,3%	28,6% ± 17,1%	0%	508 ± 1015	25 ± 57	0	NS
<i>N. battus</i>	37,5% ± 17,1%	14,3% ± 13,2%	14,3% ± 13,2%	287 ± 696	159 ± 420	10 ± 27	NS
<i>N. fillicolis</i>	25% ± 15,3%	14,3% ± 13,2%	14,3% ± 13,2%	414 ± 1164	5 ± 14	27 ± 72	NS
<i>C. curticei</i>	14,3% ± 13,2%	14,3% ± 13,2%	28,6% ± 17,1%	5 ± 14	131 ± 348	58 ± 101	NS

Tableau n°22 : Parasites de l'intestin grêle : prévalence et charge moyenne selon l'indice de mixité du groupe d'élevages (indice d'ordre croissant).

3.2.3. Helminthes du gros intestin

Le tableau 23 donne les prévalences et les charges moyennes pour les trois espèces helminthiques présentes dans le gros intestin et pour les trois groupes de mixité. Aucune différence significative entre ces groupes n'a pu être mise en évidence, que ce soit pour les prévalences ou pour les charges parasitaires.

	Prévalence			Charge		
	1	2	3	1	2	3
<i>T. discolor</i>	62,5% ± 17,1%	57,1% ± 18,7%	42,9% ± 18,7%	2 ± 2	8 ± 14	5 ± 11
<i>C. ovina</i>	12,5% ± 11,7%	14,3% ± 13,2%	28,6% ± 17,1%	0	1 ± 3	0
<i>O. venulosum</i>	100%	85,7% ± 13,2%	100%	36 ± 66	19 ± 27	46 ± 68

Tableau n°23 : Parasites du gros intestin : prévalences et charges moyennes selon l'indice de mixité du groupe d'élevages (indice d'ordre croissant).

3.2.4. Autres parasites

Les prévalences pour la grande douve, la petite douve, *Moniezia sp* et *M. capillaris* sont retranscrites pour chaque groupe de mixité dans le tableau ci-dessous. Aucune différence significative n'a été mise en évidence ($p > 0,05$).

	Prévalence		
	1	2	3
<i>F. hepatica</i>	12,5% ± 11,7%	28,6% ± 17,1%	14,3% ± 13,2%
<i>D. lanceolatum</i>	87,5% ± 11,7%	100%	100%
<i>Moniezia sp</i>	25% ± 15,3%	14,3% ± 13,2%	14,3% ± 13,2%
<i>M. capillaris</i>	87,5% ± 11,7%	85,7% ± 13,2%	100%

Tableau n°24 : Autres parasites (*F. hepatica*, *D. lanceolatum*, *Moniezia sp* et *M. capillaris*) : prévalence selon l'indice de mixité du groupe d'élevages (indice d'ordre croissant).

3.3. Richesse spécifique, diversité et équitabilité des populations de nématodes selon le niveau de mixité des élevages

Paramètres	Niveau de mixité croissant			
	1	2	3	
Sc	2,7 ± 1	3,5 ± 0,8	1,9 ± 0,7	p = 0,92%
Nc	3244 ± 4210	2828 ± 1904	795 ± 861	p = 2,89%
H'c	0,53 ± 0,27	0,84 ± 0,16	0,36 ± 0,24	p = 0,92%
Ec	0,57 ± 0,28	0,88 ± 0,43	0,58 ± 0,55	NS
St	4,8 ± 0,8	6,0 ± 2,7	4,5 ± 1,7	NS
Nt	15538 ± 10363	7427 ± 5944	4744 ± 3191	p = 5,85%
H't	0,71 ± 0,31	0,99 ± 0,51	0,57 ± 0,31	NS
Et	0,47 ± 0,19	0,55 ± 0,26	0,38 ± 0,22	NS

Tableau n°25 : Nombre d'espèces d'helminthes (S), nombre total d'helminthes (N), indice de Shannon (H'), indice d'équitabilité de Pielou (E) pour la caillette (c) et pour l'ensemble du tube digestif (t), en fonction du niveau de mixité croissant. La dernière colonne indique si les différences observées entre les trois groupes sont significatives et si oui avec quelle probabilité p (NS = non significatif).

Le tableau 25 montre **qu'il existe des différences significatives entre les trois groupes de mixité en ce qui concerne la caillette, tant pour le nombre d'espèces que pour le nombre total de vers ou l'indice de diversité de Shannon**. Ainsi on peut remarquer que le groupe 2 se caractérise par un nombre d'espèces helminthiques et une diversité plus grands que dans les deux autres groupes. En ce qui concerne le nombre total de vers dans la caillette, on observe une diminution au fil du gradient croissant de mixité.

Quand on s'intéresse aux indices relatifs aux vers de l'ensemble du tube digestif, on note que seul le nombre total d'helminthes diffère entre les groupes, et ce avec une probabilité proche de la signification ($p = 5,85\%$). Cette charge globale est d'autant plus faible que la mixité caprins-bovins est importante. Pour les autres paramètres, on retrouve la même tendance qu'avec la caillette (le groupe 2 présente une plus grande diversité) mais les différences ne sont pas significatives.

3.4. Approche globale synthétique par Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

3.4.1. Principes

L'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) a un double objectif. Elle permet en premier lieu de séparer « au mieux » plusieurs groupes (dans notre cas les trois indices de mixité caractérisant les 22 élevages caprins) à l'aide de plusieurs variables quantitatives. On dit que l'AFD permet d'effectuer la discrimination de ces groupes, définis *a priori*. Par ailleurs, l'AFD permet aussi de classer des observations dans la population correspondante (ici il s'agira du classement des 22 élevages dans un des trois groupes de mixité) et d'estimer, le cas échéant, un taux de mauvais classement.

Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi 3 groupes, selon l'intensité de la mixité caprins-bovins dans les élevages. Comme nous l'avons mentionné plus haut, le premier correspond à l'indice de mixité 1 (mixité nulle ou faible, 8 élevages concernés), le second à l'indice de mixité 2 (pâturage alterné avec des bovins, 7 élevages) et le troisième à l'indice 3 (pâturage continu avec des bovins, 7 élevages).

Nous avons choisi de prendre en compte 14 variables quantitatives :

- LNT : logarithme du nombre total de vers (caillette, intestin grêle et gros intestin)
- LOPG : logarithme de la valeur coproscopique en OPG (pour les strongles gastro-intestinaux). Cette valeur est un reflet indirect de la charge parasitaire globale en strongles gastro-intestinaux
- LHAE : logarithme du nombre d'*Haemonchus contortus*
- LTE : logarithme du nombre de *Teladorsagia* spp (*T. circumcincta* et *T. trifurcata*)
- %TR : pourcentage de *T. trifurcata* parmi la population de *Teladorsagia* spp
- LOST : logarithme du nombre d'*Ostertagia ostertagi*
- LCO : logarithme du nombre de *Trichostrongylus colubriformis*
- ST : nombre total d'espèces parasitaires (caillette, intestin grêle et gros intestin)
- H'T : indice de Shannon (caillette, intestin grêle et gros intestin)
- ET : indice d'équitabilité de Pielou (caillette, intestin grêle et gros intestin)
- NCA : nombre de caprins dans l'élevage
- DPA : durée moyenne de pâturage des caprins, en mois
- SPA : surface moyenne de pâturage utilisable par les caprins et les bovins, en hectare

- LNB : logarithme du nombre de bovins pâturant avec les caprins

3.4.2. Résultats

Les résultats complets de l'AFD sont donnés en annexe de ce document.

L'interprétation de l'AFD a été réalisée à l'aide de l'ouvrage de Tomassone (1988). Le logiciel nous a proposé 2 axes discriminants pour notre analyse. Le programme STAT-ITCF a fourni plusieurs données statistiques. Il convient d'examiner d'abord la colonne appelée « PSEUDO F ». On remarque que la plus grande valeur des deux pseudo F (139.80) est largement supérieure au plus grand des F de l'étude de variables dans l'analyse de la variance ($F = 37.93$ pour la variable LNBO). Ce résultat est important car il confirme l'intérêt de faire une analyse discriminante. En effet, si cette valeur n'avait été que très légèrement supérieure, nous aurions dû remettre en cause cet intérêt : la variable LNBO aurait sans doute contenu presque toute l'information pour discriminer les groupes.

La valeur de la donnée « PROBA » est de 0.24%, ce qui est très inférieur au seuil classique de 5% ou 1%. Ce résultat est cohérent avec la valeur élevée du plus grand des pseudo F.

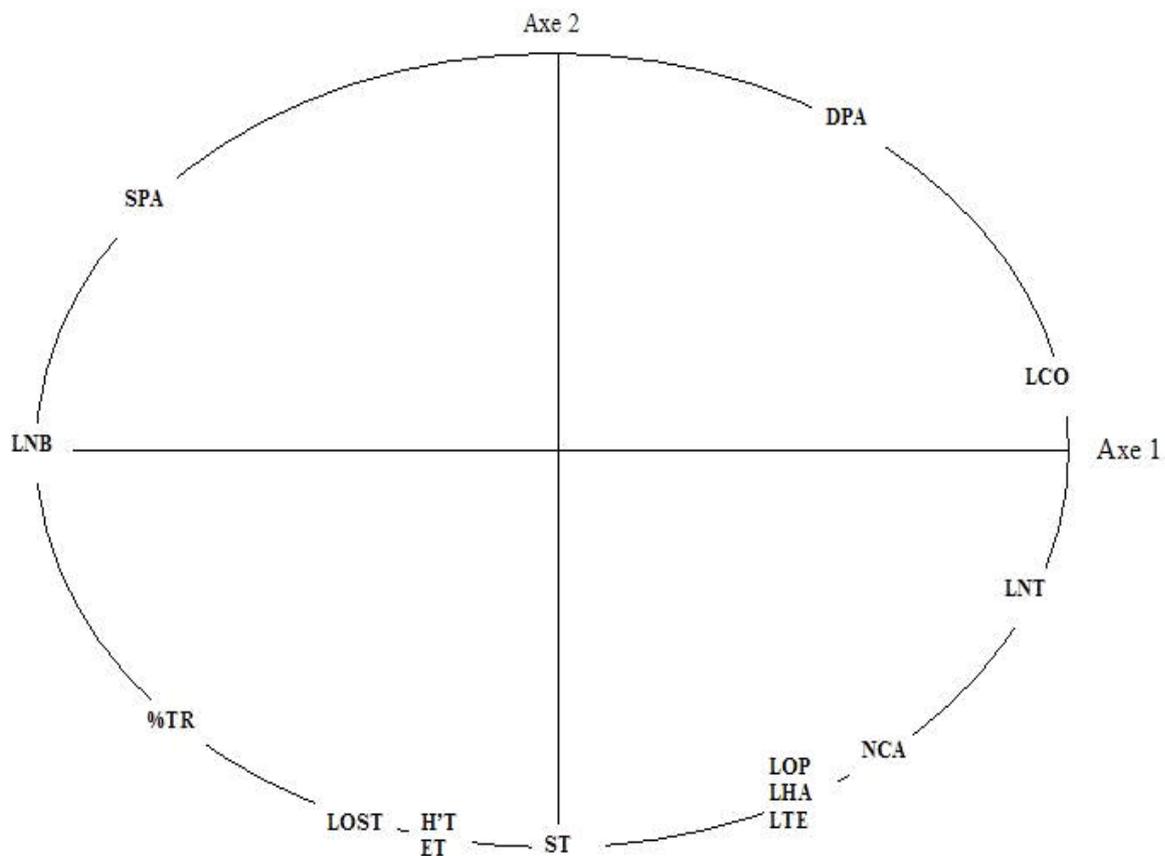


Figure n° 8 : AFD : cercle de corrélation.

Le cercle de corrélation est représenté à la figure 8. L'axe 1 horizontal a un pourcentage d'inertie de 79,9%, l'axe 2 de 20,1%. Ces deux axes expliquent 100% de la variation totale, ce qui est normal puisque le nombre d'axes est égal au nombre de groupes moins 1 soit $3-1=2$. L'axe 1 est déterminé par les variables LCO (0.97), LNT (0.93), LNB (-0.99), %TR (-0.74) et SPA (-0.73). L'axe 2 est déterminé par les variables ST (-0.99), H't (-0.99), ET (-0.99) et LOST (-0.97).

La variable correspondant à la charge globale en *T. colubriformis* (LCO) et celle qui représente le nombre total de vers (LNT) sont proches dans le plan et participent très activement à la construction de l'axe 1. Cela s'oppose à la variable représentant le nombre de bovins pâturant avec les caprins (LNB). Il y a donc opposition entre le nombre de bovins et l'intensité du parasitisme des caprins. Non loin de la variable LNT on trouve les variables suivantes: NCA, LOP, LHA et LTE. Ce cluster s'oppose à la variable "surface de pâturage disponible" (SPA). Le nombre de chèvres par exploitation est ainsi associé au parasitisme par *H. contortus* et *Teladorsagia* spp, ce parasitisme étant lui même relié à l'excrétion fécale d'œufs d'helminthes. Ce fort parasitisme caprin est également lié à de faibles surfaces pâturables (opposition avec SPA).

Bien représentées sur l'axe 2, on trouve étroitement liées les variables relatives à la diversité, à la richesse spécifique (H't, Et, St) et à la charge en *O. ostertagi* (LOST). Ces variables ne sont pas liées positivement ou négativement à celles qui caractérisent les fortes infestations. Leur faible représentation sur l'axe 1 peut les faire considérer comme indépendantes ou neutres par rapport à l'intensité d'infestation globale (LNT). De même, la variable DPA (durée du pâturage) a une position relativement isolée dans le plan factoriel. Enfin, le pourcentage du morphe *T. trifurcata* est positionné au sein du groupe de variables caractérisant les bovins: NBO et LOST.

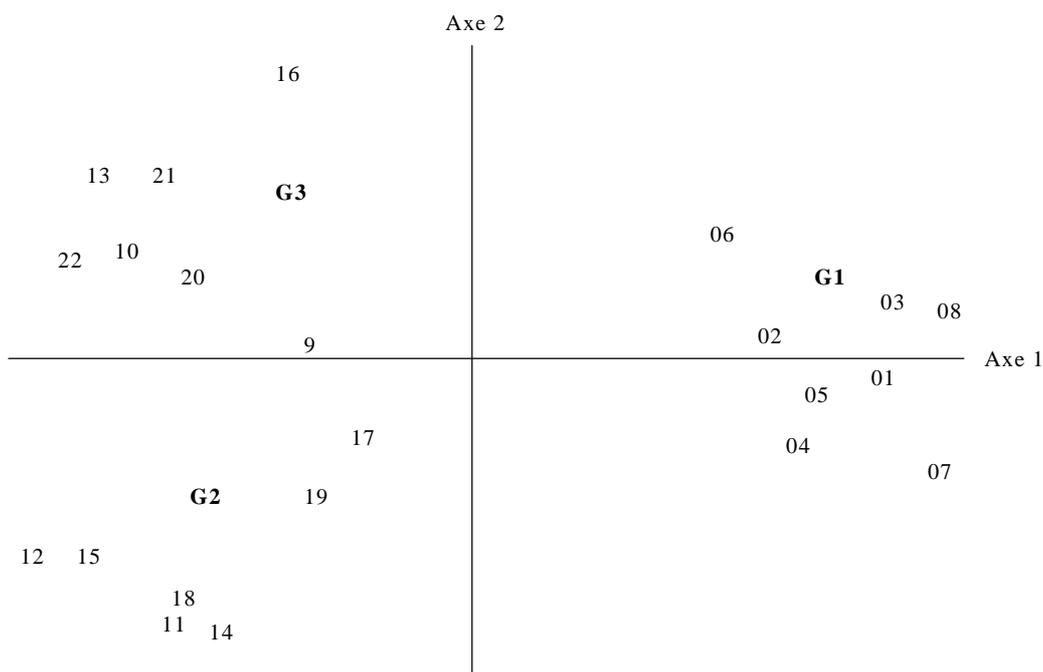


Figure n°9 : AFD : position des 22 élevages par rapport aux deux axes discriminants (01, 02....22 = numéros des élevages ; G1, G2, G3 = groupes de mixité).

La dernière étape de l'AFD est l'étude des individus, dans notre cas il s'agit des 22 élevages ayant participé à l'essai. Le logiciel STAT-ITCF permet de positionner chacun de ces élevages par rapport aux deux axes discriminants précédemment étudiés. Le logiciel réaffecte également chaque élevage dans le groupe de mixité (1, 2 ou 3) dont il est le plus proche. Dans notre cas, les élevages ont tous été classés dans le groupe de mixité que nous leur avons affecté au départ. Le pourcentage d'observations bien classées est donc de 100%.

La figure 8 représente la position de chaque élevage par rapport aux deux axes discriminants. Le premier groupe (élevages "caprins purs"), composé de 8 élevages, est caractérisé principalement par une forte charge parasitaire totale (nombre de vers et excrétion fécale d'œufs) composée de *T. colubriformis*, *Teladorsagia* spp et *H. contortus* (parasites typiquement caprins). Ce groupe est également caractérisé par un nombre important de caprins et de faibles surfaces de pâturage. Le groupe 2 (7 élevages caprins-bovins "alternés") se distingue par une grande diversité parasitaire, une richesse spécifique importante mais aussi par la présence d'*O. ostertagi* et du morphe *T. trifurcata* ; l'intensité du parasitisme dans ce second groupe est moyenne. Le troisième groupe (élevages caprins-bovins "mixtes") est caractérisé par un parasitisme de faible intensité et par de grandes surfaces de pâturage. Dans ce dernier groupe, les caprins sont peu nombreux contrairement aux bovins qui sont présents en grand nombre.

4. Discussion

4.1. Le protocole d'étude : les points forts et les points faibles

4.1.1. Les élevages

Les 22 exploitations qui ont participé à notre étude ont pu être réparties en trois groupes de mixité caprins-bovins de taille quasiment équivalente (entre 7 et 8 élevages par groupe). Nous avons toutefois rencontré **une très grande diversité vis-à-vis des modalités de conduite de troupeau et du nombre de bovins en pâturage commun ou alterné avec les caprins**. D'autres espèces animales présentes sur l'exploitation ont été signalées dans 4 élevages; il s'agissait de moutons, de porcs ou de chevaux. Cependant, ces espèces n'étaient probablement pas suffisamment en contact avec les caprins et/ou les bovins pour modifier leur parasitisme.

En ce qui concerne les bovins, les animaux au pâturage avec les caprins n'avaient pas tous le même âge. En effet, pour 7 élevages mixtes il s'agissait uniquement de vaches adultes alors que dans 6 autres exploitations il s'agissait de vaches accompagnées de leur veau et dans un dernier élevage les caprins étaient mélangés seulement à des veaux. Les durées de pâturage des animaux (caprins et caprins-bovins) variaient entre 6 et 12 mois par an.

Des informations complémentaires plus précises auraient probablement permis une meilleure définition des groupes. Il faut cependant rappeler que cette étude est une première étape où l'approche globale a été privilégiée.

4.1.2. Les animaux

Les chèvres fournies par les éleveurs étaient toutes des chèvres de réforme, pour certaines en mauvais état d'entretien. On peut donc penser que ces animaux étaient particulièrement exposés au parasitisme et que les charges parasitaires ont été peut être surestimées par rapport à celles que l'on aurait pu obtenir avec des animaux plus jeunes et/ou mieux entretenus. Par ailleurs, ces animaux ont été achetés dans la mesure de la disponibilité en chèvres des éleveurs. On ne peut donc pas considérer que ces animaux soient le résultat d'un tirage au hasard dans le troupeau de chaque exploitation.

Enfin, le nombre d'animaux disponibles par élevage variait entre 1 et 3, **ce qui pose le problème de la représentativité de ces chèvres par rapport à l'élevage entier**. Il est certain qu'un nombre plus important d'animaux par élevage aurait été préférable, mais cela n'a pas été possible, pour des raisons d'ordre technique et financier. Ce problème est souvent rencontré au cours des enquêtes de prévalence, notamment dans l'étude de Cabaret et Gasnier (1994) qui ont toutefois montré que l'autopsie d'une ou deux chèvres par exploitation était suffisante pour estimer la proportion des espèces parasitaires et la diversité spécifique.

Deux chèvres sont mortes prématurément: une durant le transport jusqu'à l'AFSSA et l'autre le lendemain matin. Elles ont quand même été autopsiées au plus vite et leurs parasites ont été comptés et identifiés.

4.1.3. Le moment de l'étude

Comme nous l'avons précisé plus haut, notre travail s'est déroulé à partir du 17 novembre 2001, date à laquelle toutes les chèvres sont arrivées à l'AFSSA. Ce calendrier est optimal car notre étude a eu lieu juste après le pic saisonnier de contamination parasitaire en automne. On peut donc présager que les chèvres présentaient un parasitisme à la fois diversifié qualitativement et important quantitativement. Il convient cependant de préciser que notre étude a mis l'accent principalement sur le parasitisme d'automne.

4.1.4. Préparation et traitement de la caillette

Afin de récolter les parasites qui y étaient fixés, la muqueuse abomasale a été frottée pouce à pouce plusieurs fois dans de l'eau du robinet. Cette technique est celle qui est utilisée dans la plupart des études relatives à l'helminthofaune des petits ruminants (Chartier et Rèche, 1992; Cabaret et Gasnier, 1994; Thamsborg *et al.*, 1996; Silvestre *et al.*, 2000 et Cabaret *et al.*, 2002). **On pourrait toutefois se demander si ce traitement est suffisamment puissant pour détacher les parasites solidement fixés à la muqueuse, notamment *Trichostrongylus axei*.** Mais dans notre étude, les caillettes ont été prélevées puis ligaturées et congelées en vue d'un traitement ultérieur. Cette phase de congélation a vraisemblablement tué tous les parasites et ces derniers ont donc sûrement commencé à se détacher de la muqueuse bien avant l'étape de lavage.

4.2. L'helminthofaune caprine en Saône et Loire : des particularités?

Les informations sur la faune helminthique des caprins en France sont relativement limitées c'est pourquoi notre étude apporte des données originales.

4.2.1. Une population helminthique riche et variée

Au cours de notre travail, nous avons pu recenser un nombre important d'espèces d'helminthes. Ces espèces appartiennent toutes à l'helminthofaune classique des caprins (Kerboeuf et Godu, 1981). Comme nous pouvions le présager, nous avons également rencontré des parasites généralement inféodés aux bovins; c'est le cas notamment d'*Ostertagia ostertagi*.

Nous avons identifié les nématodes les plus couramment rencontrés chez les caprins de nos pays tempérés (Kerboeuf et Godu, 1981; Chartier et Rèche, 1992; Cabaret et Gasnier, 1994; Rehbein *et al.*, 1998; Silvestre *et al.*, 2000 et Cabaret *et al.*, 2002). Quelques particularités sont cependant à signaler.

En premier lieu, nous avons pu noter la présence de parasites du genre *Nematodirus*. Or il semble que ce type de parasite soit rarement rencontré en infestation naturelle (Kerboeuf et Godu, 1981). En effet, Silvestre *et al.* (2000) lors d'une étude portant sur les infestations parasitaires de caprins dans 16 élevages du Quercy, n'ont jamais relevé la présence de *Nematodirus* sp. Le même phénomène a pu être constaté dans le travail de Chartier et Rèche (1992) sur la prévalence des helminthes gastro-intestinaux chez 31 chèvres issues d'élevages de la région Poitou-Charentes. Cependant cette absence de *Nematodirus* sp n'est pas

systématique car d'autres auteurs ont, comme nous, mis ce genre en évidence au cours de leurs travaux. Ainsi Cabaret et Gasnier en 1994, après autopsie de soixante caprins originaires de Touraine et de Poitou-Charentes, ont noté la présence de *Nematodirus fillicolis* et de *N. spathiger*. Contrairement à nous, ils n'ont pas identifié de *N. battus*. En ce qui concerne ce dernier parasite, la seule étude mentionnant sa présence est une enquête de prévalence sur des caprins menée en Allemagne par Rehbein *et al.* (1998).

Trichostrongylus vitrinus est un autre nématode que nous avons pu identifier alors qu'il semble rarement présent chez les caprins français.

Les caprins de Saône et Loire semblent également héberger, quoiqu'en petite quantité, des helminthes appartenant à un genre rencontré particulièrement chez les ovins: il s'agit de *Cooperia curticei*. Dans une étude concernant la distribution des nématodes de l'appareil digestif de moutons et de chèvres en Italie (milieu montagneux), Balbo *et al.* (1977) ont retrouvé cette espèce chez les ovins mais pas chez les caprins. Par ailleurs au cours de notre travail nous n'avons pas noté la présence de *Cooperia oncophora*. **Le passage de ce parasite des bovins au caprins semble donc être très limité.**

Il est intéressant de noter que le parasite *Oesophagostomum venulosum* a été retrouvé au niveau du colon-caecum mais aussi au niveau du colon spiral. En effet, la plupart du temps cet helminthe n'est pas recherché dans cette partie du gros intestin.

4.2.2. Prévalences et intensités d'infestation

4.2.2.1. Helminthes de la caillette

Les résultats de prévalence sont globalement en accord avec les données bibliographiques. Comme l'ont précisé Kerboeuf et Godu (1981), c'est l'espèce *Teladorsagia circumcincta*, associée ou non au morphe *T. trifurcata*, qui prédomine parmi les espèces parasites de la caillette, avec des intensités d'infestation pouvant être parfois très élevées (nous avons relevé une charge maximale de 11 483 vers). Le morphe *T. trifurcata* représente 11,7% du genre *Teladorsagia*. Là encore, cette valeur est en accord avec les données bibliographiques puisque ce pourcentage varie en général de quelques pour cent à près de 20% (Cabaret *et al.*, 1984). Notons également qu'un seul animal sur 46 hébergeait *T. trifurcata* sans qu'il soit associé à *T. circumcincta*. Le même constat a été fait par Cabaret *et al.* (1984) lors d'une étude portant sur les infestations naturelles d'ovins par *T. circumcincta* et *T. trifurcata* dans six biotopes français différents. Selon ces auteurs, l'absence de climat contrasté (au printemps et en automne par exemple) serait un des facteurs extrinsèques favorisant la forte fréquence de *T. trifurcata*. En conséquence, ce parasite serait mieux représenté en plaine qu'en montagne et serait défavorisé, en plaine, dans les zones irriguées. Des travaux complémentaires seraient nécessaires afin de valider cette hypothèse pour les caprins de Saône et Loire (étude du climat, de l'altitude, mesures pluviométriques et suivis de températures par exemple).

Nous pouvons noter la valeur importante de la prévalence concernant *Haemonchus contortus* (74% des chèvres hébergeaient ce parasite). En effet, dans l'étude de Chartier et Rèche (1992) en Poitou-Charentes, moins de la moitié des animaux étaient parasités par *H. contortus* (37,1%). Dans le Quercy, Silvestre *et al.* (2000) ont obtenu une prévalence de 21%.

Enfin, Kerboeuf et Godu (1981) après examen de 17 caillettes de chèvres de réforme n'ont détecté *H. contortus* à l'état adulte que dans un seul cas. Dans notre étude, la forte prévalence s'explique peut-être par la période de l'année à laquelle nous avons réalisé les autopsies. En effet, *H. contortus* est un parasite qui se rencontre surtout à la fin des étés chauds et humides or notre travail s'est déroulé à une époque où les animaux avaient vraisemblablement le plus de chance d'héberger cette espèce (en automne).

Seulement quatre chèvres de notre étude étaient parasitées par *T. axei* et l'intensité d'infestation par ce parasite est faible puisque un seul animal hébergeait plus de 141 vers. En France, il semble que cet helminthe ne soit présent chez les caprins qu'en nombre moyen ou faible (Kerboeuf et Godu, 1981). Ces résultats pourraient être liés à des facteurs climatiques. Ainsi, au cours d'une étude portant sur les nématodes abomasaux de 151 chèvres dans les îles Canaries (milieu subtropical), Molina *et al.* (1997) ont trouvé une prévalence de 52% pour *T. axei*. Les auteurs ont noté que la prévalence de ce parasite était plus grande à mesure que l'on se rapprochait du centre de l'île, où les pluies étaient plus abondantes.

En ce qui concerne *O. ostertagi*, nous avons obtenu une prévalence légèrement supérieure à celle obtenue par Chartier et Rèche (1992) en Poitou-Charentes (19,6% par rapport à 14,3%). Par contre, les charges sont nettement plus faibles pour les caprins de Saône et Loire, malgré l'importance du pâturage en commun entre chèvres et bovins (149 vers en moyenne par rapport à 529 vers dans l'étude de Chartier et Rèche). Dans cette même étude, les auteurs ont même noté une charge maximale de 2130 *O. ostertagi* alors que l'intensité d'infestation par ce parasite n'a pas dépassé 563 vers dans notre travail. Peu d'informations sont disponibles sur la proximité caprins/bovins dans l'étude de Chartier et Rèche (1992).

Par rapport au travail de Chartier et Rèche (1992), les charges globales de parasites dans la caillette des caprins de Saône et Loire sont globalement moins importantes que celles obtenues en Poitou-Charentes. En effet, ces auteurs ont relevé des intensités moyennes d'infestation pour *T. circumcincta*, *T. trifurcata*, *H. contortus* et *O. ostertagi* de 4864, 686, 862 et 529 vers respectivement. Toutes ces données sont nettement supérieures aux nôtres. Contrairement à nous, Chartier et Rèche (1992) n'ont pas mis en évidence *T. axei*.

4.2.2.2. Helminthes de l'intestin grêle

D'après nos résultats, *Trichostrongylus colubriformis* est la principale espèce parasite de l'intestin grêle chez les caprins dans le département de la Saône et Loire. Chez 33 animaux sur 46, c'est même l'unique espèce présente dans cet organe. Une seule chèvre n'hébergeait pas ce parasite. Les intensités d'infestation pour cette espèce sont relativement importantes avec une moyenne de 7900 vers. Seulement 9 des animaux parasités par *T. colubriformis* hébergeaient moins de 1000 vers. Nos résultats pour cette espèce sont quasiment équivalents à ceux de Chartier et Rèche en 1992 (prévalence de 94,3% et intensité d'infestation moyenne de 6724 vers).

Nous avons obtenu pour *T. vitrinus* une prévalence quasiment deux fois plus importante que celle trouvée en Poitou-Charentes par Chartier et Rèche (1992). L'intensité d'infestation est également légèrement plus élevée dans notre travail. Ces deux paramètres restent toutefois assez peu élevés. Dans une étude sur des caprins de Touraine et Poitou-Charentes, Cabaret et Gasnier (1994) ont noté la présence de *T. vitrinus* dans un seul élevage, sur 16 au total. Notre travail semble donc corroborer la faible prévalence de ce parasite chez

les caprins en France. Ceci s'explique sans doute par des conditions climatiques peu favorables à *T. vitrinus*. En effet, la prévalence pour cet helminthe a atteint près de 46% dans une étude réalisée sur des chèvres issues d'une région sèche du centre de l'Espagne (Valcárcel et García Romero, 1999).

En ce qui concerne l'importante charge parasitaire moyenne pour *N. fillicolis*, il convient de noter que ce résultat est dû à une chèvre porteuse de 6590 vers de cette espèce. Les quatre autres animaux porteurs de *N. fillicolis* avaient des charges inférieures à 300 vers. Enfin, aucun parasite du genre *Capillaria* n'a été mis en évidence chez les caprins de Saône et Loire.

4.2.2.3. Helminthes du gros intestin

Chabertia ovina a une prévalence limitée (10,9%) et les charges parasitaires sont extrêmement faibles, avec un à 7 vers par animal. Chartier et Rèche (1992) n'ont pas mis en évidence ce parasite dans leur étude. Silvestre *et al.* (2000) après autopsies de 26 caprins provenant du Quercy, ont eux aussi noté une faible prévalence pour *C. ovina*, inférieure à 4%. *A contrario*, Rehbein *et al.* en Allemagne (1998), ont obtenu une prévalence très élevée : 84%. Par ailleurs, sa localisation exclusive dans le colon spiral est à signaler. Ceci explique probablement que ce parasite ne soit pas trouvé lors des autopsies helminthologiques.

Concernant *O. venulosum*, nos résultats montrent une très forte prévalence de ce parasite puisque 82,3% des animaux l'hébergeaient au niveau du colon (portions colon-caecum et colon spiral confondues). Les charges sont plus élevées au niveau de la portion colon-caecum, avec 40 vers en moyenne que dans le colon spiral (6 vers en moyenne). En Poitou-Charentes, Chartier et Rèche ont obtenu une prévalence bien plus faible (23%) mais les animaux étaient globalement plus parasités (580 vers en moyenne). Dans l'étude de Silvestre *et al.* (2000), moins de la moitié des chèvres hébergeaient ce parasite.

Trichuris discolor ne semble présent que de façon relativement peu importante, les intensités d'infestation pour cette espèce variant de un à 57 vers.

4.2.2.4. Trématodes

En ce qui concerne les trématodes, nous avons obtenu une forte prévalence pour la petite douve (près de 83%). Ce résultat pourrait s'expliquer notamment par une nature des sols propice au développement des escargots, premiers hôtes intermédiaires de *D. lanceolatum*. Chartier et Rèche (1992) ont en effet montré une corrélation entre la présence de ce trématode et celle de sols alcalins. Des données géologiques complémentaires seraient nécessaires pour valider nos résultats.

Notre étude apporte également des informations originales sur la prévalence de *C. daubneyi* chez les caprins de Saône et Loire. **En effet, près de 60% des chèvres étaient porteuses de paramphistomes.** Ce résultat est d'autant plus original qu'à notre connaissance, la seule enquête de prévalence mentionnant la présence de *C. daubneyi* chez des caprins français est celle de Silvestre *et al.* (2000b). Dans cette dernière étude, après autopsie de 25 chèvres issues de 16 élevages du Quercy, *C. daubneyi* a été mis en évidence dans deux élevages (trois des quatre chèvres au total étaient porteuses de paramphistomes). La forte prévalence que nous avons obtenue en Saône et Loire est à relier selon toute vraisemblance à

un biotope très favorable aux multiples mollusques hôtes intermédiaires puisque cette parasitose est également très présente chez les bovins dans cette région (GDS 71, données non publiées).

Par ailleurs, nous n'avons retrouvé *Fasciola hepatica* que chez quatre animaux de notre étude. Les résultats des coproscopies corroborent cette rareté de la grande douve chez les chèvres de Saône et Loire puisqu'un animal seulement excréta des œufs de *F. hepatica*. Une telle constatation a été faite dans d'autres régions caprines (Chartier et Rèche, 1992) et suggère une conduite majoritaire des caprins sur des pâturages ne présentant pas de risque pour la grande douve (gîtes à *Limnea truncatula*). En effet, la chèvre est très réceptive à l'infestation par *F. hepatica* et cette parasitose peut être à l'origine de troubles cliniques très graves (Bourdoiseau, 1997a).

4.2.3. Données coproscopiques

4.2.3.1. Strongles gastro-intestinaux

Dans le tableau 18, nous avons classé les niveaux d'excrétion d'œufs de strongles gastro-intestinaux en trois catégories : un niveau faible (moins de 500 OPG), un niveau moyen (500-2000 OPG) et un niveau élevé (plus de 2000 OPG). Nous avons choisi ce classement car Mc Kenna en 1985 a démontré que pour ces trois niveaux, la corrélation entre l'excrétion coproscopique et la charge parasitaire était très significative chez les caprins ($r = 0,55$). Ce même auteur définit aussi trois classes d'infestation pour le nombre total de strongles du tube digestif : <4000, 4000 à 10 000 et >10 000, respectivement par faible, moyen et fort. Notre étude corrobore ce résultat car pour le niveau faible d'excrétion, la charge parasitaire moyenne est légèrement supérieure à 4000 vers, pour le niveau moyen elle est bien comprise entre 4000 et 10 000 vers et enfin pour le niveau élevé elle est supérieure à 10 000 vers. Nos résultats sont également en accord avec ceux de Cabaret *et al.* (1998). Ces auteurs ont en effet montré que pour les caprins (et les ovins) des climats tempérés, il existe une bonne corrélation entre les valeurs coproscopiques et les charges parasitaires ($r = 0,62$).

De plus, selon Mc Kenna (1985), lors de valeurs coproscopiques basses, près de 40% des chèvres hébergent une charge parasitaire moyenne ou élevée. Dans notre étude, aucun des 6 animaux excréta moins de 500 OPG n'hébergeait plus de 4000 strongles gastro-intestinaux.

4.2.3.2. Paramphistomes

Bien que les numérations en ce qui concerne *C. daubneyi* n'aient pas été réalisées sur l'ensemble des animaux de notre étude, nos résultats montrent une corrélation positive entre charge coproscopique et intensité d'infestation. En 1998, Mage et Dorchie avaient mis en évidence une telle corrélation chez des taurillons limousins suivis pendant 7 mois après infestation naturelle par ce même trématode.

4.2.4. Scores FAMACHA®

Dans notre étude, nous n'avons pas pu établir de relation entre le score FAMACHA® et l'intensité d'infestation des animaux par le principal helminthe hématophage : *Haemonchus*

contortus. Toutefois, nous avons montré que les scores les plus élevés correspondaient à des animaux ayant une faible valeur d'hématocrite, une forte infestation par *H. contortus*, une excrétion fécale d'œufs de strongles importante et une infestation parasitaire globale élevée. Ces résultats mériteraient d'être confirmés sur un effectif animal plus grand car cette méthode de détection des animaux anémiés est peu coûteuse et simple à mettre en œuvre. Il semble toutefois que ce système soit plus adapté à l'espèce ovine qu'à l'espèce caprine (Van Wyk et Bath, 2002). En effet, la gamme de couleurs pouvant être prise par la muqueuse conjonctivale des caprins serait plus réduite que celle des ovins, ce qui rendrait le système FAMACHA® plus difficile d'application chez les chèvres (*in* Van Wyk et Bath, 2002).

Cependant, dans une récente étude réalisée sur des caprins en Afrique du Sud, Vatta *et al.* (2001) ont montré qu'en identifiant les animaux les plus anémiés, la méthode FAMACHA® permettait la mise en place d'un traitement anthelminthique sélectif et raisonné dont l'objectif est de diminuer la pression de sélection sur les populations d'*H. contortus* (espèce particulièrement résistante aux anthelminthiques dans certaines régions tropicales et subtropicales). Selon cette même étude, la sensibilité de ce test serait de 76 à 85%. La spécificité serait toutefois inférieure à 55%, ce qui signifie que certains animaux ayant obtenu un score FAMACHA® élevé n'hébergeaient en réalité que peu de vers.

4.3. La mixité caprins-bovins modifie t'elle l'helminthofaune des caprins?

4.3.1. Importance qualitative et quantitative de l'acquisition par les caprins de parasites de bovins

Le parasite le plus susceptible d'être acquis par les caprins lors de pâturage commun avec les bovins était *Ostertagia ostertagi* (Le Jambre, 1978). Le passage de cette espèce aux caprins est confirmé par notre étude, ce qui est en accord avec les données rapportées jusqu'à présent par la bibliographie. **Cette contamination croisée semble toutefois rester un phénomène assez limité tant au niveau du nombre de chèvres concernées (9 sur 46) qu'au niveau de l'intensité de la contamination** (nous avons relevé une charge maximale de 563 *O. ostertagi* chez un animal). Ces résultats semblent valider l'hypothèse de Bisset (1980), selon laquelle les caprins ne sont pas des hôtes particulièrement favorables pour *O. ostertagi*.

En ce qui concerne la distribution du parasitisme helminthique en fonction du niveau de mixité des troupeaux avec les bovins, la situation vis-à-vis d' *O. ostertagi* et de *T. axei* semble assez complexe. En effet, on peut observer une augmentation des prévalences et des charges parasitaires pour ces deux espèces lorsque l'on passe du groupe 1 (élevages dits "caprins purs") au groupe 2 (mixité caprins-bovins avec pâturage alterné). Le contact avec les bovins se traduit donc par une circulation plus fréquente (50% de prévalence environ contre 12 à 25%) et plus intense (une centaine de vers contre une dizaine). Ces modifications ne sont cependant pas statistiquement significatives et surtout ne se confirment pas avec le groupe 3 (mixité caprins-bovins en pâturage continu). D'autres explications que la présence d'hôtes hétérologues, les bovins, sont donc à rechercher.

4.3.2. Richesse spécifique et diversité des populations selon le niveau de mixité des élevages.

Le tableau 25 montre que dans le groupe 2 le nombre d'espèces helminthiques dans la caillette et dans l'ensemble du tube digestif augmente en moyenne : ce phénomène est vraisemblablement dû à *O. ostertagi* et *T. axei* d'une part (les prévalences de ces deux espèces sont supérieures), parasites de bovins, mais également un peu à *T. trifurcata*, considéré pour l'occasion comme une espèce (il s'agit d'un morphe en réalité). En revanche, il n'y a pas de différence pour les vers de l'intestin grêle et du gros intestin.

De plus, le nombre de vers dans la caillette et dans tous les organes est plus faible dans le groupe 2 que dans le groupe 1. Il y a donc plus d'espèces et moins de vers d'où un augmentation de l'indice de Shannon dans le groupe 2 (l'équitabilité augmente aussi mais seulement pour le nombre de vers dans la totalité du tube digestif).

Dans le groupe 3 enfin, on observe de faibles prévalences dans la caillette (le nombre de vers est plus faible aussi) et l'absence de *T. vitrinus* dans l'intestin grêle (les charges intestinales dans ce groupe sont globalement plus faibles). Le nombre total d'espèces diminue, (les charges parasitaires aussi) d'où une diminution de l'indice de Shannon.

Cependant il faut noter que la diversité est une notion complexe dont l'évaluation précise reste assez difficile. Par ailleurs, de nombreux indices existent afin de quantifier la biodiversité d'un peuplement. Mais ces indices ont presque toujours été appliqués à des populations présentant un nombre élevé d'espèces, or le nombre d'espèces dans les peuplements de nématodes des ruminants est relativement faible (Cabaret et Schmidt, 2001). Il faut également rappeler que tous les indices de diversité reposent sur le principe selon lequel chaque espèce d'une communauté est indépendante des autres dans la construction de la structure de la communauté. Bien que les interactions entre les nématodes du tractus digestif des ruminants soient de faible intensité, des infestations expérimentales suggèrent que l'établissement d'une espèce parasite peut avoir des répercussions sur les espèces déjà présentes (Cabaret et Schmidt, 2001). Cabaret et Schmidt (2001), s'ils ont montré que l'indice de Shannon est un des moyens les plus performants pour mesurer la diversité chez les petits ruminants, émettent toutefois des réserves quant à l'utilisation d'un seul indice.

D'autres études ont montré que la diversité des populations helminthiques chez les caprins variait selon de nombreux facteurs relatifs à la conduite d'élevage des animaux. Ainsi, les travaux de Silvestre *et al.* (2000) montrent que le nombre d'élevages d'où proviennent les caprins à l'origine de la formation du troupeau est le principal facteur positivement corrélé à la diversité. Ceci s'explique par le fait que les élevages caprins sont relativement isolés d'un point de vue parasitologique car généralement les troupeaux sont constitués en une seule fois, à partir d'animaux achetés dans une ou plusieurs fermes. Par la suite, seuls des chevrettes et des chevreaux (souvent non parasités) sont introduits régulièrement. Selon cette même étude, la diversité est négativement corrélée à la durée du retrait hivernal des animaux sur les pâtures. En effet, la survie des larves infestantes sur les pâtures est réduite pendant l'hiver donc les larves des espèces les moins bien adaptées aux conditions climatiques hivernales sont amenées à disparaître de la population parasite.

Cabaret *et al.* (2002) ont montré que pour les moutons et au moment du sevrage, la diversité dépendait de la surface pâturée par les animaux. Selon ces auteurs, plus les surfaces

sont importantes, plus les conditions environnementales sont suffisamment variées pour permettre à un grand nombre d'espèces de parasites de trouver un biotope favorable à leur développement.

L'ensemble des données bibliographiques montrent que les indices de diversité sont affectés par de très nombreux facteurs. Il serait probablement intéressant de les intégrer dans des études ultérieures sur le pâturage mixte caprins/bovins.

4.4. La mixité modifie t'elle l'intensité du parasitisme des caprins?

Dans notre étude, l'intensité du parasitisme des caprins a été mesurée directement par estimation du nombre total de vers présents chez chaque animal.

Le cercle de corrélation de l'Analyse Factorielle Discriminante montre que l'intensité du parasitisme caprin est liée aux charges en *Trichostrongylus colubriformis*, en *H. contortus* et en *Teladorsagia* sp. Ces résultats sont cohérents car c'est pour ces espèces que nous avons obtenu les plus grandes valeurs de prévalence et de charge moyenne d'infestation. De même il paraît logique que la variable représentant le nombre de parasites du genre *Haemonchus* soit étroitement associée à celle correspondant à l'excrétion fécale d'œufs de parasites car *H. contortus* est une des espèces de nématodes les plus prolifiques.

La position des 22 élevages par rapport aux deux axes discriminants montre que **c'est dans le groupe d'élevages où la mixité caprins-bovins est la plus faible (groupe 1) que l'intensité du parasitisme des chèvres est la plus importante.** *A contrario*, les troupeaux où les caprins pâturent en même temps que les bovins (groupe 3) sont caractérisés par un faible parasitisme. Ce résultat corrobore les précédentes données sur les effets bénéfiques du pâturage mixte bovins-petits ruminants sur l'intensité du parasitisme des petits ruminants (Niezen *et al.*, 1996; Aumont *et al.*, 1999; Donald *et al.*, 1987; Giudici *et al.*, 1999).

Nous pouvons cependant constater que la mixité n'est vraisemblablement pas la seule et unique condition à remplir pour baisser le niveau de parasitisme des caprins. En effet, nos résultats montrent que le groupe d'élevages où caprins et bovins pâturent de façon alternée (groupe 2) est caractérisé par un parasitisme d'intensité moyenne, certes plus faible que le groupe où les animaux sont en pâturage homologue, mais plus important que dans le groupe où la mixité est permanente. Si il ne fait aucun doute que la mixité avec les bovins ne désavantage pas les caprins en ce qui concerne le parasitisme, notre étude nous amène à penser que **si les chèvres sont globalement moins parasitées quand elles pâturent avec des vaches, c'est peut-être aussi en raison d'autres facteurs liés au mode d'élevage des troupeaux mixtes.**

4.5. Mixité et dilution du risque parasitaire

L'AFD a permis d'associer à chacun des trois groupes de mixité un certain nombre de variables afin de les différencier au mieux. Nous venons d'examiner la variable relative à l'intensité du parasitisme au sein des 22 élevages. Nous pouvons maintenant remarquer que le groupe 1, où les élevages sont caractérisés par un nombre de vers très élevé, est aussi un groupe où les exploitations possèdent un grand nombre de caprins et où ces animaux ne

disposent que de faibles surfaces de pâturage. A l'inverse, dans le groupe 3, où le parasitisme est faible, les chèvres sont peu nombreuses, contrairement aux bovins qui sont présents en grand nombre dans les élevages. De même, ce groupe est caractérisé par des exploitations où les animaux pâturent sur de grandes surfaces.

Ces résultats nous autorisent à penser que le parasitisme peut être contrôlé de manière efficace grâce à la conjonction de deux phénomènes: la mixité des troupeaux d'une part et un phénomène de dilution du risque parasitaire d'autre part, dilution rendue possible par d'importantes surfaces de pâturage offertes aux animaux.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, la corrélation entre densité animale à l'hectare et intensité du parasitisme fait intervenir de nombreux paramètres et les données bibliographiques sur ce sujet sont parfois contradictoires, si bien qu'il ne semble pas toujours possible d'associer systématiquement de forts chargements à un fort niveau de parasitisme. Cette relation a été cependant clairement démontrée par Thamsborg *et al.* (1996) au Danemark, où dans un troupeau d'ovins, le chargement à l'hectare était corrélé positivement à l'infestation des pâtures. En effet, les animaux du lot où la densité était la plus importante (17 brebis à l'hectare) avaient des résultats coproscopiques plus élevés que ceux des lots de densité moyenne (13 brebis à l'hectare) et faible (9 brebis à l'hectare). Par ailleurs, les pâtures où le chargement était important étaient systématiquement plus infestées que celles où la densité animale était plus faible.

Afin de valider le rôle important que pourrait jouer la surface de pâturage disponible et la densité animale sur le parasitisme des caprins, il faudrait envisager d'autres travaux où ces deux paramètres seraient enregistrés de manière plus précise. Nous n'avons pu disposer en effet que d'informations assez sommaires sur ce sujet, les éleveurs nous ayant fourni des surfaces de pâturage globales. Par ailleurs, nous n'avons pas eu d'indications concernant la durée depuis laquelle caprins et bovins étaient en pâturage commun. Ce paramètre pourrait être intéressant à prendre en compte, notamment pour étudier d'éventuels phénomènes d'adaptation de souches hétérologues (Bairden *et al.*, 1995).

En conséquence, il serait intéressant de mettre au point des suivis de pâturage mixte caprins-bovins sur un nombre d'exploitations peut-être plus restreint, mais où toutes les données relatives au mode de gestion du pâturage seraient parfaitement maîtrisées. De plus un suivi plus régulier des animaux, éventuellement par des visites répétées au sein des élevages, permettrait d'obtenir une meilleure vision de la gestion du pâturage dans les exploitations.

5. Conclusion de la partie expérimentale

Cette étude a tout d'abord permis de caractériser la nature du parasitisme helminthique des caprins en Saône et Loire. **Tous les parasites classiquement rencontrés dans cette espèce ont pu être mis en évidence. La Saône et Loire semble par ailleurs être un département où la petite douve et les paramphistomes sont particulièrement présents.**

D'autres études pourront être envisagées afin de dresser un inventaire plus précis de la population helminthique dans cette zone, sur un nombre peut-être plus limité d'animaux mais à des époques de l'année différentes. Une étude sur la distribution géographique de l'helminthofaune dans ce département pourrait également être entreprise, compte tenu de la diversité topographique et climatique de la région.

Nous avons également montré que **des chèvres en pâturage mixte, alterné ou continu, avec des bovins ne sont pas pénalisées par une acquisition massive de parasites de bovins. Il serait intéressant de réaliser des bilans parasitaires sur des bovins ayant pâture avec des caprins pour valider l'hypothèse inverse.**

Une diminution de l'intensité du parasitisme helminthique des caprins en pâturage permanent avec des bovins a été mise en évidence. Cette diminution semble être due à la spécificité d'hôte des parasites (les bovins ingèrent des larves de parasites de caprins mais ne permettent pas leur développement) mais aussi et surtout à des paramètres relatifs au mode d'élevage des animaux : le chargement à l'hectare et la surface de pâturage. **Le parasitisme des caprins en troupeau mixte semble donc pouvoir être contrôlé efficacement lorsque le mode de pâturage permet la dilution du risque parasitaire.**

CONCLUSION

L'étude bibliographique a mis l'accent sur la profonde nécessité de mettre rapidement en place de nouveaux moyens de contrôle du parasitisme chez les caprins, espèce hôte particulièrement exposée à l'infestation par les helminthes et au premier plan des résistances croissantes aux traitements anthelminthiques conventionnels. L'étude personnelle a dressé un premier bilan des populations de parasites hébergées par les chèvres de Saône et Loire. Elle a aussi démontré que faire pâturer des caprins de façon continue avec des bovins, sous réserve d'une surface de pâturage et d'une densité animale permettant une dilution du risque parasitaire, pouvait conduire à une diminution des charges parasitaires chez les caprins.

Il reste encore beaucoup de travail et d'essais sur le terrain avant de proposer aux éleveurs de chèvres et de bovins un mode de gestion de pâturage leur permettant de contrôler totalement le parasitisme de leurs animaux. Cependant cette étude aura montré que la conduite de troupeaux mixtes, même si ses modalités précises restent encore à définir, peut constituer une alternative peu coûteuse et d'application rapide aux moyens de contrôle actuels.

BIBLIOGRAPHIE

AGNEESSENS, J., CLAEREBOUT, E., DORNY, P., BORGSTEEDE, F.H.M. et VERCRUYSSSE, J.

Nematode parasitism in adult dairy cows in Belgium.
Veterinary Parasitology, 2000, **90**, 83-92.

AMARANTE, A.F.T., BAGNOLA Jr., J., AMARANTE, M.R.V. et BARBOSA, M.A.
Host specificity of sheep and cattle nematodes in São Paulo state, Brazil.
Veterinary Parasitology, 1997, **73**, 89-104.

ARMOUR, J., BAIRDEN, K., DALGLEISH, R., IBARRA-SILVA, A.M. et SALMAN, S.K.
Clinical nematodiriasis in calves due to *Nematodirus battus* infection.
Veterinary Record, 1988, **123**, 230-231.

AUMONT, G., MAHIEU, M., PIERRE, F., ARCHIMEDE, H., ALEXANDRE, G., BOVAL, M. et MANDONNET, N.
Production and parasites of sheep in alternate grazing with cattle in the Caribbean.
In : 17^{ème} conférence WAAVP, Copenhague, 15-19 août 1999, c. 7. 57.

BAIRDEN, K., ARMOUR, J.L. et DUNCAN, J.L.
A 4-year study on the effectiveness of alternate grazing of cattle and sheep in the control of bovine parasitic gastro-enteritis.
Veterinary Parasitology, 1995, **60**, 119-132.

BALBO, T., COSTANTINI, R., GALLO, M.G. et LANFRANCHI, P.
Distribution of nematode parasites of the digestive system in sheep (*Ovis aries*) and goats (*Capra hircus*) of the Piedmontese and Valdostano Alpine arc.
Parassitologia, 1977, **19**, 59-61.

BARGER, I.A. et SOUTHCOTT, W.H.
Control of nematode parasites by grazing management. I. Decontamination of cattle pastures by grazing with sheep.
International Journal for Parasitology, 1975, **5**, 39-44.

BARGER, I.A., LE JAMBRE, L.F., GEORGI, J.R. et DAVIES, H.I.
Regulation of *Haemonchus contortus* populations in sheep exposed to continuous infection.
International Journal for Parasitology, 1985, **15**, 529-533.

BARGER, I.A.
Prospects for integration of novel parasite control options into grazing systems.
International Journal for Parasitology, 1996, **26**, 1001-1007.

BARGER, I.A.
Control by management.
Veterinary Parasitology, 1997, **72**, 493-506.

BARGER, I.A.
The role of epidemiological knowledge and grazing management for helminth control in small ruminants.
International Journal for Parasitology, 1999, **29**, 41-47.

BARNES, E.H., DOBSON, R.J. et BARGER, I.A.

Worm control and anthelmintic resistance : adventures with a model.

Parasitology Today, 1995, **11**, 56-63.

BEUGNET, F. et KERBOEUF, D.

La résistance aux antiparasitaires chez les parasites des ruminants.

Le Point Vétérinaire, 1997, **28**, n° spécial « Parasitologie des ruminants », 1949-1956.

BIQUAND, S. et BIQUAND-GUYOT, V.

Etude du pâturage mixte caprins, bovins en Martinique.

Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1991, n° spécial, 23-26.

BISSET, S.A.

Goats and sheep as host for some common cattle Trichostrongylids.

Veterinary Parasitology, 1980, **7**, 363-368.

BOA, M.E., THAMSBORG, S.M., KASSUKU, A.A. et BØGH, H.O.

Comparison of worm control strategies in grazing sheep in Denmark.

Acta vet.scand., 2001, **42**, 57-69.

BORGSTEEDE, F.H.M.

Experimental cross-infections with gastrointestinal nematodes of sheep and cattle.

Z Parasitenkd, 1981, **65**, 1-10.

BORGSTEEDE, F.H.M., TIBBEN, J., CORNELISSEN, J.B.W.J., AGNEESSENS, J. et GAASENBEEK, C.P.H.

Nematode parasites of adult dairy cattle in Netherlands.

Veterinary Parasitology, 2000, **89**, 287-296.

BOUDSOCQ-SILVESTRE, A.

Résistance aux benzimidazoles des communautés de nématodes parasites du tractus digestif des petits ruminants. Mécanismes génétiques et facteurs environnementaux.

Th. : Sciences de la Vie, Génétique : Tours, Université François Rabelais Tours : 2000. 158 p.

BOURDOISEAU, G.

Les douves des ruminants.

Le Point Vétérinaire, 1997a, **28**, n° spécial « Parasitologie des ruminants », 15-18.

BOURDOISEAU, G.

Les paramphistomes ou "douves des estomacs".

Le Point Vétérinaire, 1997b, **28**, n° spécial « Parasitologie des ruminants », 15-18.

BRUNDSON, R.V.

Principles of helminth control.

Veterinary Parasitology, 1980, **6**, 185-215.

CABARET, J. et GRUNER, L.

Utilisation de l'herbe et parasitisme interne des ovins et des caprins.

In : Exploitation des fourrages verts par les ovins et les caprins. Paris, France, 7-8 déc 1983. 231-254.

CABARET, J., MORALES, G. et GRUNER, L.

Caractérisation de *Teladorsagia circumcincta* et *T. trifurcata*. I. Aspects épidémiologiques et biologiques.

Ann. Parasitol. Hum. Comp., 1984, **6**, 607-617.

CABARET, J.

Localisation spatiale du risque parasitaire helminthique chez les ruminants d'Europe.

Symbioses, 1986a, Vol. XVIII, **1**, 5-18.

CABARET, J., ANJORAND, N. et LECLERC, C.

Les élevages caprins en Touraine. I. Mode d'élevage, parasitisme et estimation des pathologies chez la chèvre adulte.

Recueil de Médecine Vétérinaire, 1986b, **162**, 5, 575-585.

CABARET, J., ANJORAND, N. et LECLERC, C.

Parasitic risk factors on pastures of french dairy goat farms.

Small Ruminant Research, 1989, **2**, 69-78.

CABARET, J.

Les strongles digestifs des ruminants domestiques témoins du mode d'élevage.

Bull. Soc. Fr., 1993, **118**, 51-66.

CABARET, J. et GASNIER, N.

Farm history and breeding management influences on the intensity and specific diversity of nematode infection of dairy goats.

Veterinary Parasitology, 1994, **53**, 219-232.

CABARET, J., GASNIER, N. et JACQUIET, P.

Faecal eggs counts are representative of digestive-tract strongyle worm burdens in sheep and goats.

Parasite, 1998, **5**, 137-142.

CABARET, J. et SCHMIDT, E.

Species diversity of nematode communities in the digestive tract of domestic ruminants : multivariate versus univariate estimations.

Parasitology Research, 2001, **87**, 311-316.

CABARET, J., MAGE, C. et BOUILHOL, M.

Helminth intensity and diversity in organic meat sheep farms in centre of France.

Veterinary Parasitology, 2002, **105**, 33-47.

CHARTIER, C. et RECHE, B.

Gastrointestinal helminths and lungworms of french dairy goats: prevalence and geographical distribution in Poitou-Charentes.

Veterinary Research Communications, 1992, **16**, 327-335.

CHARTIER, C.

Production laitière et strongyloses digestives chez les ruminants.

Revue Méd. Vét., 1995, **146**, 1, 23-28.

CHARTIER, C. et HOSTE, H.

Anthelmintic treatments against digestive-tract nematodes in dairy goats with high or low levels of milk production.

Veterinary Research, 1994, **25**, 450-457.

CHARTIER, C. et HOSTE, H.

Impact des strongyloses gastro-intestinales sur la physiologie digestive et sur la production laitière chez les caprins.

Bulletin des GTV, 1996, **3**, 85-93.

CHARTIER, C. et HOSTE, H.

La thérapie anthelminthique chez les caprins.

Le Point Vétérinaire, 1997, **28**, n° spécial « Parasitologie des ruminants », 1907-1914.

CHARTIER, C., HOSTE, H., BOUQUET, W., MALPAUX, B., PORS, I. et KOCH, C.

Periparturient rise in fecal egg counts associated with prolactin concentration increase in French Alpine dairy goats.

Parasitology Research, 1998a, **84**, 806-810.

CHARTIER, C., PORS, I., HUBERT, J., ROCHETEAU, D., BENOIT, C. et BERNARD, N.

Prevalence of anthelmintic resistant nematodes in sheep and goats in Western France.

Small Ruminant Research, 1998b, **29**, 33-41.

CHARTIER, C.

Alternatives aux traitements antiparasitaires.

In : Journées Européennes organisées par la Société Française de Buiatrie : parasitisme bovin, Paris, France, 15-17 novembre 2000. Toulouse : Société Française de Buiatrie, 2000a, 265-278.

CHARTIER, C., ETTER, E., HOSTE, H., PORS, I., KOCH, C. et DELLAC, B.

Efficacy of copper oxide needles for the control of nematodes parasites in dairy goats.

Veterinary Research Communications, 2000b, **24**, 6, 389-399.

CHARTIER, C., ETTER, E., HOSTE, H., PORS, I., MALLEREAU, M.P., BROQUA, C., MALLET, S., KOCH, C. et MASSE, A.

Effects of the initial level of milk production and of dietary protein intake on the course of natural nematode infection in dairy goats.

Veterinary Parasitology, 2000c, **92**, 1-13.

CHARTIER, C., LESPINE, A., HOSTE, H. et ALVINERIE, M.

Les endectocides chez les caprins : pharmacologie, efficacité et conditions d'utilisation dans le contexte de la résistance aux anthelminthiques.

Renc. Rech. Rum., 2001a, **8**, 181-186.

CHARTIER, C., SOUBIRAC, F., PORS, I., SILVESTRE, A., HUBERT, J., COUQUET, C. et CABARET, J.

Prevalence of anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of dairy goats under extensive management conditions in southwestern France.

Journal of Helminthology, 2001b, **75**, 325-330.

COOP, R.L.

Interaction entre alimentation et parasites.

In : Journées Européennes organisées par la Société Française de Buiatrie : parasitisme bovin, Paris, France, 15-17 novembre 2000. Toulouse : Société Française de Buiatrie, 2000, 169-179.

DURETTE-DESSET, M.C.

Les Nematodirinae (Nematoda) chez les Ruminants et chez les Lagomorphes.

Annales de Parasitologie, 1979, **3**, 315-329.

DURETTE-DESSET, M.C.

Keys to genera of the superfamily Trichostrongyloidea. CHI keys to the nematode parasites of vertebrates. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks, England, 1983, 10, 86p.

DURETTE-DESSET, M.C.

Sur les divisions génériques des Nématodes Ostertagiinae.

Ann. Parasitol. Hum. Comp., 1982, **57**, 375-381.

ETTER, E., HOSTE, H., CHARTIER, C., PORS, I., KOCH, C., BROQUA, C. et COUTINEAU, H.

The effect of two levels of dietary protein on resistance and resilience of dairy goats experimentally infected with *Trichostrongylus colubriformis* : comparison between high and low producers.

Veterinary Research, 2000, **31**, 247-258.

EYSKER, M., VAN DER AAR, W.M., BOERSEMA, J.H., GITHIORI, J.B et KOYMAN F.N.J.

The effect of repeated moves to lean pasture on build up of gastrointestinal nematode infections in calves.

Veterinary Parasitology, 1998, **76**, 81-94.

FARIZY, P.

Intérêt d'un traitement anthelminthique au thiabendazole chez la chèvre en lactation.

Recueil de Médecine Vétérinaire, 1970, **146**, 251-260.

FRUETEL, M. et LANKESTER, M.W.

Gastrointestinal helminths of woodland and barren ground caribou (*Rangifer tarandus*) in Canada, with keys to species.

Canadian Journal of Zoology, 1989, **67**, 2253-2269.

GEARY, T.G.

La lutte antiparasitaire et ses limites.

In : Journées Européennes organisées par la Société Française de Buiatrie : parasitisme bovin, Paris, France, 15-17 novembre 2000. Toulouse : Société Française de Buiatrie, 2000, 30-37.

GIBBONS, L.M.

Revision of the genus *Haemonchus*.

Systematic Parasitology, 1979, **1**, 3-24.

GIBBONS, L.M.

Revision of the african species of the genus *Cooperia* Ransom, 1907 (Nematoda, Trichostrongylidae).

Systematic Parasitology, 1981, **2**, 219-252.

GIBBONS, L.M. et KHALIL, L.F.

A key for the identification of genera of the nematode family Trichostrongylidae Leiper, 1912.

Journal of Helminthology, 1982, **56**, 185-233.

GITHIGIA, S.M., THAMSBORG, S.M., LARSEN, M., KYVSGAARD, N.C. et NANSEN, P.

The preventive effect of the fungus *Duddingtonia flagrans* on trichostrongyle infections of lambs on pasture.

International Journal for Parasitology, 1997, **27**, 931-939.

GIUDICI, C., AUMONT, G., MAHIEU, M., SAULAI, M. et CABARET, J.

Changes in gastro-intestinal helminth species diversity in lambs under mixed grazing on irrigated pastures in the tropics (french West Indies).

Veterinary Research, 1999, **30**, 573-581.

GRENET, N. et BILLANT, J.

Essai de pâturage mixte associant vaches allaitantes et brebis tarées gestantes.

Renc. Rech. Ruminants, 1995, **2**, 128.

HENNESSY, D.R.

Modifying the formulation or delivery mechanism to increase the activity of anthelmintic compounds.

Veterinary Parasitology, 1997, **72**, 367-390.

HORÁK, F., CHROUST, K., ZIZLAVSKY, J. et ZIZLAVSKÁ, S.

Study of the possibilities of mixed grazing by cattle and sheep in conditions of the Czech republic.

Livestock Production Science, 1999, **61**, 261-265.

HOSTE, H. et CHARTIER, C.

Perspectives de lutte contre les strongyloses gastro-intestinales des ruminants domestiques.

Le Point Vétérinaire, 1997a, **28**, n° spécial « Parasitologie des ruminants », 1963-1969.

HOSTE, H., HUBY, F. et MALLET, S.

Strongyloses gastro-intestinales des ruminants : conséquences physiopathologiques et mécanismes pathogéniques.

Le Point Vétérinaire, 1997b, **28**, n° spécial « Parasitologie des ruminants », 1835-1841.

HOSTE, H. et CHARTIER, C.

Comparison of the effects on milk production of concurrent infection with *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* in high-and low-producing dairy goats.

Am. J. Vet. Res., 1993, **54**, 1886-1893.

HOSTE, H. et CHARTIER, C.

Résistance des chèvres aux strongyloses gastro-intestinales : différences avec les moutons.
Le Point Vétérinaire, 1998a, **29**, 161-166.

HOSTE, H. et CHARTIER, C.

Response to challenge infection with *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* in dairy goats. Consequences on milk production.
Veterinary Parasitology, 1998b, **74**, 43-54.

HOSTE, H., CHARTIER, C., ETTER, E., GOUDEAU, C., SOUBIRAC, F. et LEFRILEUX, Y.

A questionnaire survey on the practices adopted to control gastrointestinal nematode parasitism in dairy goat farms in France.
Veterinary Research Communications, 2000a, **24**, 7, 459-469.

HOSTE, H., LEFRILEUX, Y., POMMARET, A., SOUBEYRAT, M. et FERRER, M.

Maîtrise du parasitisme par les strongles gastro-intestinaux chez les caprins laitiers : essai d'application ciblée de traitements anthelminthiques.
Renc. Rech. Rum., 2000b, **7**, 91-94.

JACKSON, F.

Options for the sustainable control of gastro-intestinal nematode infections in goat production systems in Europe.

In : 7th International conference on Goats, France, 15-21 mai 2000, 789-792.

JACQUIET, P.

Les strongles digestifs des ruminants.

Le Point Vétérinaire, 1997, **28**, n° spécial « Parasitologie des ruminants », 1802-1803.

JORDAN, H.E., PHILLIPS, W.A., MORRISON, R.D., DOYLE, J.J. et Mc KENZIE, K.

A 3-year study of continuous mixed grazing of cattle and sheep : parasitism of offspring.
International Journal for Parasitology, 1988, **18**, 779-784.

KERBOEUF, D. et GODU, J.

Les strongyloses gastro-intestinales : données épidémiologiques et diagnostic chez les caprins.
Bulletin des G.T.V., 1981, **3**, 67-84.

KERBOEUF, D.

Les strongyloses gastro-intestinales des caprins. Données générales.

In : Les maladies de la chèvre. Niort, France, 9-11 octobre 1984. 487-499.

LARSEN, M., FAEDO, M., WALLER, P.J. et HENESSY, D.R.

The potential of nematophagous fungi to control the free-living stages of nematode parasites of sheep : studies with *Duddingtonia flagrans*.
Veterinary Parasitology, 1998, **76**, 121-128.

LE JAMBRE, L.F.

Ostertagia ostertagi infections in Angora goats.

Veterinary Parasitology, 1978, **4**, 299-303.

MAGE, C. et DORCHIES, P.

Paramphistomose des bovins : étude des relations coproscopie-populations parasitaires.
Revue de Médecine Vétérinaire, 1998, **149**, 927-929.

MARGOLIS, L., ESCH, G.W., HOLMES, J.C., KURIS, A.M. et SCHAD, G.A.

The use of ecological terms in Parasitology.
Journal of Parasitology, 1982, **68**, 131-133.

Mc KENNA, P.B.

Diagnosis of gastrointestinal nematode parasitism in goats.

In : Proceedings of a course in Goat Husbandry and Medicine. Publication N° 106. Veterinary Continuing Education, Massey University, Palmerston North, New-Zealand, Nov. 1985 : 86-95.

MICHELJ.F.

The control of some nematode infections in calves.

Veterinary record, 1969, **85**, 326-329.

MICHELJ.F.

Strategies for the use of anthelmintics in livestock and their implications for the development of drug resistance.

Parasitology, 1985, **90**, 621-628.

MOLINA, J.M., GUTIÉRREZ, A.C., RODRÍGUEZ-PONCE, E., VIERA, J.A. et HERNÁNDEZ, S.

Abomasal nematodes in goats from the subtropical island of Grand Canary (Spain).

Veterinary Research, 1997, **28**, 259-270.

MORLEY, F.H.W. et DONALD, A.D.

Farm management and systems of helminth control.

Veterinary Parasitology, 1980, **6**, 105-134.

NIEZEN, J.H., CHARLESTON, W.A.G., HODGSON, J., MACKAY, A.D. et LEATHWICK, D.M.

Controlling internal parasites in grazing ruminants without recourse to anthelmintics : approaches, experiences and prospects.

International Journal for Parasitology, 1996, **26**, 983-992.

PARAUD, C. et CHARTIER, C.

Biological control of infective larvae of a gastrointestinal nematode (*Teladorsagia circumcincta*) and a small lungworm (*Muellerius capillaris*) by *Duddingtonia flagrans* in goat faeces.

Parasitology Research, 2002 (*in press*).

RANSOM, B.H.

The Nematodes parasitic in the alimentary tract of cattle, sheep and other ruminants.

United States Department of Agriculture, bureau of Animal Industry., Bulletin n° 127: 132 p.

RAYNAUD, J.P.

Etude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et le contrôle des infestations parasitaires des bovins, ovins, équins et porcins.

Ann. Parasitol. Hum. Comp., 1970, **45**, 321-342.

REHBEIN, S., VISSER, M. et WINTER, R.

Helminths species of goats in Germany.

Berl Munch Tierarztl Wochenschr, 1998, **111**, 427-431.

RICHARD, S., CABARET, J. et CABOURG, C.

Genetic and environmental factors associated with nematode infection of dairy goats in northwestern France.

Veterinary Parasitology, 1990, **36**, 237-243.

SILVESTRE, A., CHARTIER, C., SAUVE, C. et CABARET, J.

Relationship between helminth species diversity, intensity of infection and breeding management in dairy goats.

Veterinary Parasitology, 2000a, **94**, 91-105.

SILVESTRE, A., SAUVE, C. et CABARET, J.

Caprine *Paramphistomum daubneyi* (Trematoda) infection in Europe.

Veterinary record, 2000b, **146**, 674-675.

SKRJABIN, K.I., SHIKHOBALOVA, N.P. et SHULTS, R.S.

Essentials of Nematodology. Vol. 3. Trichostrongylids of Animals and Man.

Moscou : Skrjabin, K.I., 1954. 3, 704 p.

SOULSBY, E.J.L.

Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals. 7^{ème} édition.

London : baillière Tindall, 1982, 809 p.

SOUTHCOTT, W.H. et BARGER, I.A.

Control of nematode parasites by grazing management. II. Decontamination of sheep and cattle pastures by varying periods of grazing with the alternate host.

International Journal for Parasitology, 1975, **5**, 45-48.

THAMSBORG, S.M., JØRGENSEN, R.J., WALLER, P.J. and NANSEN, P.

The influence of stocking rate on gastrointestinal nematode infections of sheep over a 2-year grazing period.

Veterinary Parasitology, 1996, **67**, 207-224.

THIENPONT, D., ROCHETTE, F. et VANPARIJS, O.

Le diagnostic des verminoses par examen coprologique. 2^{ème} édition.

Beerse : Janssen Research Foundation, 1995. 205 p.

TOMASSONE, R.

Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle discriminante?

ITCF, 1988, 56 p.

VALCÁRCEL, F. et GARCÍA ROMERO, C.

Prevalence and seasonal pattern of caprine Trichostrongyles in a dry area of Central Spain.

J. Vet. Med. B, 1999, **46**, 673-681.

VAN WYK, J.A. et BATH, G.F.

The FAMACHA[®] system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment.

Veterinary Research, 2002, **33**, 509-529.

VATTA, A.F., LETTY, B.A., VAN DER LINDE, M.J., VAN WIJK, E.F., HANSEN, J.W. et KRECEK, R.C.

Testing for clinical anaemia caused by *Haemonchus* spp. in goats farmed under resource-poor conditions in South Africa using an eye colour chart developed for sheep.

Veterinary Parasitology, 2001, **99**, 1-14.

WALLER, P.J.

Towards sustainable nematode parasite control of livestock.

Veterinary Parasitology, 1993, **48**, 295-309.

WALLER, P.J.

International approaches to the concept of integrated control of nematode parasite of livestock.

International Journal for Parasitology, 1999, **29**, 155-164.

WILLIAMS, J.C.

Anthelmintic treatment strategies : current status and future.

Veterinary Parasitology, 1997, **72**, 461-477.