
Gestion de la coccidiose dans un élevage caprin laitier en zéro-grazing en Belgique

Auteur : Coenen, Marie-Charlotte

Promoteur(s) : Rollin, Frederic

Faculté : Faculté de Médecine Vétérinaire

Diplôme : Master en médecine vétérinaire

Année académique : 2019-2020

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/9579>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

**GESTION DE LA COCCIDIOSE DANS UN ELEVAGE
CAPRIN LAITIER EN ZERO-GRAZING EN
BELGIQUE**

***MANAGEMENT OF COCCIDIOSIS IN A ZERO-
GRAZING DAIRY GOAT FARM IN BELGIUM***

Marie-Charlotte Coenen

Travail de fin d'études

présenté en vue de l'obtention du grade

de Médecin Vétérinaire

ANNÉE ACADÉMIQUE 2019/2020

Le contenu de ce travail n'engage que son auteur

**GESTION DE LA COCCIDIOSE DANS UN ELEVAGE
CAPRIN LAITIER EN ZERO-GRAZING EN
BELGIQUE**

***MANAGEMENT OF COCCIDIOSIS IN A ZERO-
GRAZING DAIRY GOAT FARM IN BELGIUM***

Marie-Charlotte Coenen

Tuteur : Professeur Frédéric Rollin, département clinique des animaux de production

Travail de fin d'études

présenté en vue de l'obtention du grade
de Médecin Vétérinaire

ANNÉE ACADÉMIQUE 2019/2020

Le contenu de ce travail n'engage que son auteur

GESTION DE LA COCCIDIOSE DANS UN ELEVAGE CAPRIN LAITIER EN ZERO-GRAZING EN BELGIQUE

OBJECTIF DU TRAVAIL :

Ce travail vise à évaluer les solutions actuelles et potentielles pour la prévention et le traitement de la coccidiose dans un élevage caprin laitier en zéro-grazing en Belgique. Il s'inscrit dans un souci d'antibiorésistance et de respect de l'environnement.

RESUME :

L'élevage de chèvres laitières est en expansion depuis une dizaine d'année en Belgique. Ce secteur attire beaucoup de monde y compris des novices du monde agricole. La surface d'élevage disponible n'est pas toujours optimale et pousse les chevrillers belges à aller vers des élevages en zéro-grazing. La coccidiose qui est un parasite d'étable profite de ce système d'élevage pour se développer. Cette maladie touche principalement les chevreaux aux alentours du sevrage avec comme principaux signes cliniques de la diarrhée et des pertes de poids. Ce qui impacte économiquement ce secteur. Cette maladie pourtant connue depuis longtemps est gérée de manière empirique dans les élevages laitiers en Belgique. La première étape de la gestion de la coccidiose est de s'occuper de l'environnement. La naissance et le moment du sevrage sont 2 étapes critiques dans l'apparition de la maladie. Il n'est pas toujours possible d'avoir un management optimal dans ce type d'élevage. Il faut dès lors faire appel aux agents chimiothérapeutiques. La molécule la plus indiquée chez les chevreaux est le diclazuril à 1 mg/kg *per os* donné à 4 semaines d'âge. Dans les environnements fortement contaminés, une dose identique peut être administrée 14 jours après le premier traitement. Cependant, le diclazuril a déjà de nombreuses résistances à travers le monde. Le nombre de molécules utilisables chez les chèvres en Belgique étant limité, il faut pousser les éleveurs à aller vers une gestion raisonnée de l'utilisation des anticoccidiens. Dès lors, des méthodes alternatives sont en cours de développement et pourraient être mises en place en Belgique comme l'élaboration d'un vaccin et l'utilisation d'aliments riches en tanins condensés.

MANAGEMENT OF COCCIDIOSIS IN A ZERO-GRAZING DAIRY GOAT FARM IN BELGIUM

AIM OF THE WORK :

The aim of this work is to assess current and potential solutions for the prevention and treatment of coccidiosis in a zero-grazing dairy goat farm in Belgium. It will be part of a concern for antibiotic resistance and respect for the environment.

SUMMARY :

Dairy goat farming has been expanding for about ten years in Belgium. This sector attracts many people, including novices from the agricultural world. The available breeding area is not always optimal and pushes Belgian goatherd to go to zero grazing breeding. Coccidiosis, which is a barn parasite, benefits from this breeding system to develop. This disease mainly affects young kids around withdrawal with the main clinical signs of diarrhea and weight loss. This has an economic impact on this sector. This disease, which has been known for a long time, is managed empirically in dairy farms in Belgium. The first step in managing coccidiosis is to deal with the environment. The birth and the weaning timing are 2 critical stages in the onset of the disease. It is not always possible to have optimal management in this type of breeding. It is therefore necessary to use chemotherapeutic agents. The molecule most indicated in kids is diclazuril at 1 mg/kg *per os* given at 4 weeks of age. In highly contaminated environments, an identical dose can be administered 14 days after the first treatment. However, diclazuril already has many resistances around the world. The number of molecules usable in goats in Belgium being limited, it is necessary to encourage breeders to go towards a rational management of the use of anti-coccidians. Therefore, alternative methods are being developed and could be implemented in Belgium, such as the development of a vaccine and the use of foods rich in condensed tannins.

Remerciements :

Je remercie,

Mon promoteur, Professeur Rollin, pour ses précieux conseils et le temps qu'il m'a accordé pour la réalisation de ce travail.

L'élevage du Petit Fouleng pour m'avoir permis de réaliser mes prélèvements ainsi que la Clinique Vétérinaire Universitaire Ruminants-Porcs de Liège pour m'avoir permis de réaliser mes coprologies dans leur laboratoire.

Le Docteur Deneyer pour m'avoir introduite auprès de l'élevage de chèvres, aidé dans la recherche de mon sujet et pour les nombreux stages réalisés tout au long de mes études.

Ma famille pour son soutien lors de toutes mes études ainsi que pour leurs nombreuses relectures et en particulier à ma sœur, Astrid, pour ses précieux conseils en pharmacologie.

Mon copain, Corentin, pour m'avoir aidé à réaliser mes prélèvements et supporté pendant toute cette période de fin d'année stressante ainsi que pour tous ses nombreux conseils et sa présence

Sébastien Parmentier pour m'avoir aidé à réaliser mes coprologies, ses nombreuses relectures et pour avoir été un binôme exemplaire pendant ces « courtes » cliniques

Mon groupe clinique de GMV2 pour avoir rendu ces 2 dernières années à l'Université mémorables et en particulier à Emelyne Le Bodo pour m'avoir transmis son savoir sur la technique de Mc Master.

Table des matières

Introduction

1. Elevage de chèvres laitières en zéro-grazing et la coccidiose.....9-12

1.1 Mise en contexte de l'élevage de chèvres laitières en Belgique

1.2 Coccidiose : parasitisme d'intérieur

2. Description de la maladie.....12-17

2.1 Cycle et pathogénie

2.2 Signes cliniques

2.3 Diagnostic

2.4 Traitement

2.5 Prévention

3. Expérience réalisée sur le terrain.....18-22

3.1 Protocole

3.2 Résultats

3.3 Discussion

4. Possibilité de traitement des cas en Belgique.....22-29

4.1 Aspect légal

4.2 Sulfamidés

4.3 Amprolium

4.4 Décoquinate

4.5 Ionophores

4.6 Triazones : toltrazuril et diclazuril

4.6.1 Historique

4.6.2 Posologie du toltrazuril dans l'espèce caprine

4.6.3 Posologie du diclazuril dans l'espèce caprine

4.6.4 Comparaison du toltrazuril avec le diclazuril

4.6.5 Impact sur l'environnement

5. Prévention de la coccidiose appliquée aux élevages en zéro-grazing.....30

6. Perspectives de traitements31-33

6.1 Oocystes sporulés atténués

6.2 Plantes riches en tanins condensés

7. Conclusion.....34

Bibliographie

Introduction

La gestion de la coccidiose est essentielle pour éviter ces pertes de productions. Cependant, le contrôle de la coccidiose n'est pas encore bien maîtrisé. Nous allons développer dans ce travail les moyens de lutte contre la coccidiose en commençant par l'environnement ensuite les différentes molécules disponibles sur le marché en Belgique et enfin les perspectives de traitement dans un souci de respect de l'environnement.

1. Elevage de chèvres laitières en zéro-grazing et la coccidiose

1.1 Mise en contexte de l'élevage de chèvres laitières en Belgique

L'élevage de chèvres est en expansion dans le monde depuis les 10 dernières années. L'Europe produit 17 % du lait de chèvre mondial avec la France comme premier producteur (Le Jaouen et Toussaint, 1993 ; ANICAP et INTERBEV, 2018). En Belgique, le nombre de têtes s'est élevé de 34% entre 2008 et 2018 (FAOSTATS, 2020). L'élevage de chèvres en Belgique n'est pas dans les mœurs des agriculteurs contrairement à la France, l'Espagne et la Grèce (Le Jaouen et Toussaint, 1993). En Wallonie, 108 producteurs de lait de chèvres professionnels sont dénombrés (FILAGRI, 2020). La plupart des chevriers (51%) ne sont pas issus du monde agricole (Vanwarbeck, 2008).

La majorité des exploitations wallonnes a été créée aux alentours des années 2000 (Vanwarbeck, 2008). Les facteurs économiques qui ont pu pousser les éleveurs de bovins laitiers à se diversifier ou à changer pour le secteur caprin sont multiples. Premièrement, l'apparition des quotas laitiers en 1984 a donné des contraintes supplémentaires au secteur bovin laitier. La production de lait de chèvre donne l'avantage de ne pas être soumise aux quotas laitiers. A l'heure actuelle, les quotas laitiers n'existent plus. Deuxièmement, ce qui a pu également inciter au changement est l'absence de pénalité en ce qui concerne les cellules somatiques présentes dans le lait. Cela s'explique par le nombre de cellules somatiques naturellement plus élevé dans le lait de chèvre que dans le lait de vache. Troisièmement, le lait de chèvre a un taux de matière sèche plus élevé que le lait de vache. Cela lui confère un prix plus élevé à la vente dans les laiteries ou dans les fromageries industrielles. En 2007, le prix de revient du fromage est de 7,16 €/kg et le lait vendu au fromager est à 0,66 €/L ce qui revient plus cher que le lait de vache vendu à la laiterie (0,34 €/L) (Vanwarbeck, 2008 ; Baromètre laitier wallon, 2020). La plupart des exploitations wallonnes transforme directement leur lait en fromage et le commercialise en vente directe à la ferme ou sur les marchés. Cette méthode de vente apporte une plus-value à ce secteur d'activité (Vanwarbeck, 2008).

Le lait de chèvre et surtout la fabrication de fromage à la ferme ont du succès auprès des consommateurs. Depuis plusieurs années, le consommateur a une demande de plus en plus spécifique de produit locaux, « BIO » et qui respectent le bien-être animal. Les exigences des cahiers de charges et les labels ne font que se multiplier. Mis à part son aspect local, le lait de chèvre a également des bienfaits sur la santé que le lait de vache ne confère pas. Le lait de

chèvre est constitué d'acides gras à courtes et moyennes chaînes mono- et polyinsaturés qui lui confèrent une meilleure digestibilité (Jirillo et Magrone, 2014).

Le lait de chèvre a ses avantages auprès du producteur et du consommateur. C'est pourquoi, la demande en lait de chèvre s'accroît au fil des années. **Cependant, les chèvres produisent peu de lait par rapport aux bovins. Il faut donc plus d'animaux pour avoir un même volume de lait.** Dès lors, le nombre d'exploitations de grande taille se multiplie ce qui rend difficile de mettre les chèvres au pâturage. Les exploitations belges contiennent entre 70 et 600 chèvres laitières en général. Il faut garder à l'esprit que la plupart des éleveurs ne sont pas issus du milieu agricole, ils ne possèdent donc pas toujours de terres pour faire pâturer les chèvres. L'élevage en zéro-grazing devient dès lors une évidence. D'autres facteurs ont poussé les éleveurs à aller vers ce mode d'élevage à savoir que les chèvres ont un comportement particulier laissant plus de refus que les vaches et sont très agiles. Elles vont facilement esquivier les clôtures mises en place (Vanwarbeck, 2008).

L'élevage en zéro-grazing se reprend dans le secteur caprin belge et a plusieurs avantages pour l'éleveur. Tout d'abord, au niveau sanitaire, cela permet de créer des lots et d'éviter de mélanger des animaux d'âges différents. Ensuite, la traite est plus facile lorsque les animaux sont déjà à l'intérieur. Cela facilite le travail des chevriers. Enfin, il y a une diminution du parasitisme gastro-intestinal lié aux nématodes qui est la principale pathologie rencontrée dans les élevages de chèvres au pâturage. Cependant, la nature n'aime pas le vide et si le parasitisme lié au pâturage a tendance à disparaître, d'autres parasites se sont adaptés aux élevages en zéro-grazing. A l'image des nématodes gastro-intestinaux au pâturage, la coccidiose est la maladie la plus fréquente chez les chevreaux en zéro-grazing (Cai et Bai, 2009 ; Harper and Penzhorn, 1999 ; Vanwarbeck, 2008).

1.2 Coccidiose : parasitisme d'intérieur

La coccidiose est une maladie causée par un protozoaire ubiquitaire apicomplexé du genre *Eimeria*. Chaque espèce d'*Eimeria* est spécifique d'un hôte. C'est-à-dire que les espèces de coccidies caprines ne seront pas pathogènes pour les ovins. Seize espèces dans le monde sont dénombrées dans l'espèce caprine (Soe et Pomroy, 1992 ; Smith et Sherman, 1994) dont 8 en Europe : *E. ninakohlyakimovae*, *E. arloingi*, *E. alijevi*, *E. apsheronica*, *E. christenseni*, *E. hirci*, *E. marisca* et *E. punctata* (Yvoré *et al.*, 1981 ; Smith et Sherman, 2007). L'espèce la plus pathogène est *E. ninakohlyakimovae* (Levine, 1985). Deux espèces du genre *Eimeria* ont été recensées comme étant non pathogènes *E. hirci* dans le monde et *E. punctata* en Allemagne

(Smith et Sherman, 2007). Il existe un genre non pathogène, *Globidia sp*, que l'on retrouve dans la caillette des caprins également (Maratea et Miller, 2007 ; Briot, 2009). Les recensements d'espèces d'*Eimeria* dans le monde sont basés sur des observations faites dans différentes études avec des protocoles différents. Jusqu'à présent, aucune étude n'a été réalisée sur les différentes espèces d'*Eimeria* présentes en Belgique. De ce fait, il semble difficile d'établir une localisation précise des différentes espèces d'*Eimeria* chez les petits ruminants (Chartier et Paraud, 2012) ainsi que de connaître leur réelle pathogénicité.

Malgré le manque de connaissance de cette maladie dans les élevages caprins laitiers Belges, la coccidiose sévit et est recensée comme 3^{ème} cause de problèmes sanitaires par les chevrillers wallons (Vanwarbeck, 2008). C'est un parasite particulièrement adapté à ce type d'élevage pour plusieurs raisons.

Les élevages en zéro-grazing sont composés d'un nombre important de chèvres. Étant donné la densité d'occupation importante et le confinement des animaux, ils peuvent être qualifiés d'élevages « intensifs ». Dans les élevages extensifs, où les animaux pâturent, la coccidiose est une maladie auto-limitante. Dans ces élevages, la quantité d'oocystes ingérés est très faible et permet aux animaux de s'immuniser (Foreyt, 1990). Dans les élevages en zéro-grazing la différence est le nombre d'animaux excréteurs qui est plus important ce qui prédispose à une contamination massive de l'environnement et conduit à une haute pression d'infection (Jalila *et al.*, 1998 ; Cai et Bai, 2009). Il y a une corrélation directe entre la quantité d'oocystes ingérés et l'apparition de signes cliniques (Fayer, 1989 ; Gregory *et al.*, 1989).

D'autres paramètres liés à l'élevage intensif augmentent la pression d'infection : l'absence d'exposition aux rayons du soleil, l'humidité relative supérieure à 75% et la température ambiante. Tout d'abord, les oocystes de coccidies sont sensibles aux rayons ultra-violet ce qui entraîne leur dessiccation. Par exemple, les oocystes sporulés d'*E. zuernii* chez les bovins survivent 8 heures à l'exposition du soleil et 4 heures pour les oocystes non sporulés (Foreyt, 1990). Ensuite, la densité d'occupation favorise l'humidification de la litière et est plus rapidement souillée par les fèces et l'urine. La sporulation des oocystes d'*E. zuernii* est fortement réduite quand l'humidité relative est en dessous de 75%. Enfin, la température de la litière est favorable à la sporulation. Elle est très rapide entre 28-31°C et plus lente entre 0 et 5°C (Foreyt, 1990). Ces températures sont facilement atteintes dans la litière accumulée et surtout au printemps au moment de la période des chevrotages.

D'après de nombreux auteurs, la tranche d'âge la plus touchée par cette maladie est située entre 2 et 4 mois ce qui correspond aux alentours du sevrage (Yvoré *et al.*, 1981 ; Chartier *et*

al., 1991 ; Jalila *et al.*, 1998 ; Koudela et Bokova, 1998 ; Faizal et Rajapakse, 2001 ; Agyei *et al.*, 2004 ; Ruiz *et al.*, 2006). Les chevreaux placés dans un environnement comme celui-ci ont peu de chance de s'immuniser sans tomber malade. Les adultes peuvent excréter des oocystes de coccidies durant toute leur vie et peuvent donc infester les chevreaux dès leur naissance (Chartier et Paraud, 2012). Contrairement à ce qu'il se passe avec les nématodes gastro-intestinaux, il n'y a pas d'augmentation de l'excrétion d'oocystes au moment de la mise bas chez les brebis (Gregory *et al.*, 1983). Cette découverte est contradictoire avec le fait que l'on puisse observer une augmentation de l'excrétion d'oocystes de coccidies chez les chèvres de plus de 7 ans et peut s'expliquer par une faiblesse du système immunitaire qui apparaît avec l'âge (Chartier et Paraud, 2012). Cette affirmation n'est peut-être pas extrapolable aux chèvres en zéro-grazing car les brebis sont rarement dans ces conditions d'élevage.

Deux conditions doivent être réunies pour avoir une coccidiose clinique : une ingestion massive d'oocystes et une faible résistance de l'animal. Ces 2 conditions sont réunies au moment du sevrage (Chartier et Paraud, 2012). Cette période se caractérise par un haut niveau de stress pour les animaux. En effet, c'est la période pendant laquelle de nombreux soins vont être effectués sur les chevreaux comme les vaccins, la pose des boucles auriculaires, l'administration de vermifuges, le regroupement de lots différents, le changement d'environnement ainsi que le changement d'alimentation. C'est pourquoi, le sevrage est une période à risque et principalement dans ce type d'élevage.

2. Description de la maladie

Pour pouvoir gérer la coccidiose dans un élevage en zéro-grazing de chèvres laitières, il faut tout d'abord comprendre le cycle de vie du parasite, sa pathogénie ainsi que la difficulté de poser un diagnostic. Ensuite, le traitement et la prévention de cette maladie sont développés dans cette partie.

2.1 Cycle et pathogénie

Le cycle des coccidies est illustré dans la figure 1. L'oocyste d'*Eimeria* sporule dans l'environnement en quelques jours. La sporulation peut aussi se faire dans le rumen qui est un milieu favorable (chaud et humide) (Kheysin et Todd, 1972 ; Matos *et al.*, 2018). Les oocystes sporulés sont ensuite ingérés par les chèvres et les chevreaux. Une fois dans l'intestin, les oocystes sporulés se désenkystent et libèrent leurs sporozoïtes sous l'action de la bile et de la trypsine (Foreyt, 1990). Chaque sporozoïte envahit une cellule intestinale et se divise pour former ses mérozoïtes. Une cellule intestinale remplie de mérozoïtes s'appelle un schizonte.

Quand le schizonte se rompt, il libère des mérozoïtes dans la lumière intestinale qui réenvahissent chacun une cellule intestinale (= schizogonie). Pour *E. ninakohlyakimovae*, le premier cycle asexué (= la 1^{ère} schizogonie) prend place dans l'iléon (10 jours post-ingestion), le 2^{ème} cycle dans les cryptes du caecum et du colon (12 jours post-ingestion). Après 2 cycles asexués, les mérozoïtes se transforment en macrogamétocytes femelles et en microgamétocytes mâles. Ensuite, le macrogamétocyte femelle donne le macrogamète femelle et le microgamétocyte mâle donne les microgamètes mâles. C'est la reproduction sexuée ou gamétogonie. Elle a lieu 1 jour après la 2^{ème} schizogonie. Les microgamètes sont relâchés dans la lumière intestinale et fertilisent les macrogamètes dans les cellules intestinales pour former un zygote. Les cellules se rompent et libèrent les oocystes non sporulés dans les matières fécales. La période prépatente (= période de temps entre l'ingestion du parasite et son relargage dans l'environnement) pour *E. ninakohlyakimovae* est de 15 jours (Foreyt, 1990 ; Vieira *et al.*, 1997).

L'excrétion d'oocyste commence vers 2-3 semaines d'âge. Ce qui suggère que les chevreaux sont infestés directement à la naissance. Cependant, aucune preuve de transmission *in utero* n'a été établie jusqu'à présent, ni de transmission par le colostrum ou le lait. Le nombre d'animaux excréteurs augmente jusqu'au pic qui arrive au moment du sevrage (Chartier et Paraud, 2012). Les ingestions répétées d'oocystes durant cette période engendrent des dégâts.

Les dommages occasionnés par les différents stades du parasite sont causés par la destruction des entérocytes. L'ingestion d'un oocyste sporulé peut conduire à l'endommagement de milliers de cellules intestinales. Les coccidies interfèrent également avec la microflore digestive ce qui peut même être essentiel au développement de la pathogénie selon certains auteurs (Gouet *et al.*, 1984 ; Mohammed *et al.*, 2000). Le signe clinique principal associé à ces lésions est la diarrhée (Foreyt, 1990).

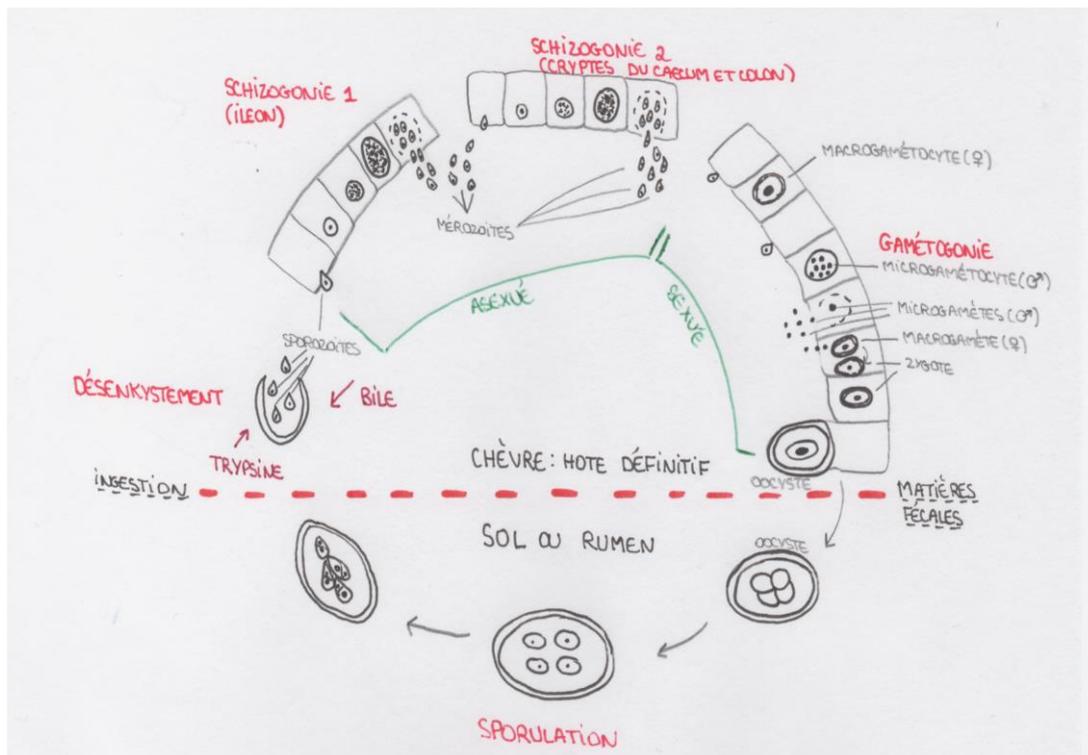


Figure 1 : Cycle de vie d'*E. ninakohlyakimovae* chez les caprins inspiré de la figure de Foreyt (1990).

2.2 Signes cliniques

La coccidiose caprine possède une forme clinique et une forme subclinique.

La forme clinique donne principalement de la diarrhée. Selon Foreyt (1990) et Koudela et Bokova (1998), celle-ci n'est jamais hémorragique chez les caprins contrairement aux bovins et ovins. Les fèces sont généralement liquides avec des caillots de mucus. La couleur varie de jaune à goudronneux. Cependant, lors de l'étude réalisée dans le cadre de ce travail (développée dans le point 3), un chevreau a présenté de la diarrhée hémorragique avec un diagnostic final de coccidiose clinique. Des signes cliniques non spécifiques peuvent aussi être observés comme la perte d'appétit, la déshydratation et l'abattement. Dans certains cas, des mortalités subites sont décrites sans signes digestifs (Chartier, 2009) et de l'anémie (Foreyt, 1990).

C'est principalement la forme subclinique qui impacte économiquement le secteur caprin. Elle engendre une perte de poids chez les animaux qui a de nombreuses conséquences (Chartier et Paraud, 2012) surtout en ce qui concerne la reproduction et la production laitière (Broqua, 1989). Les animaux qui survivent ont besoin de temps supplémentaire pour acquérir le même poids que les animaux sains (Foreyt, 1990).

2.3 Diagnostic

Le diagnostic de la coccidiose n'est pas des plus évident. L'anamnèse peut orienter le diagnostic qui inclut des chevreaux aux alentours du sevrage avec de la diarrhée et/ou une perte de poids surtout dans des milieux d'élevage intensif avec des conditions d'hygiène médiocres (Chartier et Paraud, 2012). Le diagnostic clinique est non spécifique et peut s'apparenter à diverses pathologies comme la cryptosporidiose, la salmonellose, la clostridiose. Il convient donc d'effectuer des examens complémentaires si le diagnostic différentiel inclut la coccidiose.

Le comptage d'oocystes dans les matières fécales par la méthode de Mc Master est une méthode diagnostique qui permet de compter le nombre d'oocystes par grammes de fèces (OPG). Cette méthode quantitative a de nombreuses limites. La présence de plusieurs milliers d'oocystes par gramme de fèces (OPG) est généralement un indicateur de coccidiose (Foreyt, 1990) mais ce nombre peut varier entre les individus et peut changer rapidement de jours en jours (Foreyt *et al.*, 1981). La diarrhée peut être présente avant l'excrétion d'oocystes et inversement (Wright et Coop, 2007). Pour un diagnostic de troupeau, un groupe de 7 à 10 individus doit être prélevé et analysé individuellement ou 50 échantillons assemblés en une masse homogène dans laquelle 5 prélèvements doivent être réalisés pour avoir une estimation réaliste de l'OPG (Chartier, 1991).

Un auteur a essayé de trouver une valeur seuil pour indiquer une coccidiose clinique et suggère un OPG aux alentours de 50.000 - 100.000 OPG suivant les espèces d'*Eimeria* (Yvoré *et al.*, 1987). Ce nombre peut être influencé par des espèces non pathogènes de coccidies qui peuvent fausser notre diagnostic. Dans une autre étude du même auteur, on peut voir que les espèces les plus pathogènes sont celles qui ont le plus grand nombre d'OPG (Yvoré *et al.*, 1985). Cela peut faire penser que même si des espèces non pathogènes sont comptées, elles sont en plus petites quantités et ce sont les espèces pathogènes qui représentent une plus grande part du comptage. Ces données sont illustrées dans le tableau I. Pour contrer ce problème d'espèces non pathogènes, un comptage qualitatif peut être réalisé. Celui-ci prend plus de temps et demande beaucoup plus d'expérience.

Au vu de toutes ces informations, il semble difficile d'établir une valeur seuil pour établir un diagnostic de coccidiose clinique ou subclinique (Chartier et Paraud, 2012). La technique de Mc Master a d'autres limites comme la grande variabilité des résultats au vu de la distribution des oocystes qui n'est pas toujours homogène ainsi que l'expérience du personnel qui effectue la comptage (Ballweber *et al.*, 2014). L'idéal pour utiliser cette méthode est de

toujours faire appel au même laboratoire pour pouvoir comparer les résultats des différentes exploitations en diminuant le biais lié à l'expérimentateur.

Tableau I : Données reprenant le pic d'excrétion, la fin de l'excrétion et l'OPG au pic d'excrétion, ainsi que les symptômes de 4 espèces pathogènes d'*Eimeria* caprines après inoculation de 100.000 oocytes d'après l'expérience d'Yvoré et collaborateurs en 1985. Ces données sont complétées par la pathogénicité et la répartition de ces espèces d'après Smith et Sherman en 2007(*).

Espèces	Pic d'excrétion	OPG	Fin de l'excrétion	Symptômes Pathogénicité*	Répartition*
<i>E. alijeivi</i>	12 jours	8.000	18 jours	Aucun Faible*	Très commune, mondiale*
<i>E. ninakohlyakimovae</i>	16 jours	200.000	26 jours	Diarrhée, anorexie Très sévère*	Très commune, mondiale*
<i>E. arloingi</i>	25 jours	25.000.000	40 jours	Diarrhée Modérée à sévère*	Très commune, mondiale *
<i>E. christensenii</i>	28 jours	2.000	64 jours	Aucun Modérée à sévère*	Très commune, mondiale*

Un diagnostic anatomo-pathologique peut également être réalisé. On a une entérite catarrhale au niveau du jéjunum, de l'iléon, du caecum, et du colon proximal en fonction des espèces d'*Eimeria* et des nodules de 1 à 2 millimètres sur la muqueuse qui sont caractéristiques (Koudela et Bokova, 1998).

Etablir un diagnostic final de coccidiose n'est pas une tâche facile surtout quand c'est la forme subclinique qui sévit dans l'élevage. Peu de méthodes diagnostiques existent et le comptage d'OPG n'est pas fiable. Cependant, cette maladie peut entraîner de lourdes pertes économiques dans les élevages laitiers en zéro-grazing. C'est pourquoi, il faut prendre en compte ces 3 méthodes de diagnostics pour pouvoir établir un traitement dans les élevages atteint et ceux à risques.

2.4 Traitement

Une fois le diagnostic de coccidiose établi, il convient de mettre en place un traitement. Deux types de traitement existent et peuvent être mis en place dans 2 cas de figure différents. Le traitement métaphylactique est mis en place dans les élevages où un diagnostic de coccidiose clinique est établi. Les animaux malades ainsi que les animaux sains sont traités vu la grande probabilité que les animaux sains ont de devenir malades à cause de la promiscuité avec les animaux malades. Le traitement prophylactique est mis en place dans les cas suivants : les élevages à risque de coccidiose clinique ou subclinique et ceux qui ont déjà eu des épisodes de coccidiose clinique les années précédentes. Ce traitement consiste à traiter des animaux sains qui ont une grande probabilité de devenir malades (AMCRA, 2020). Plusieurs molécules ont montré leur efficacité contre les *Eimeria* caprines. Cependant, toutes les molécules ne sont pas disponibles et aucune autorisation de mise sur le marché (AMM) n'existe pour l'espèce caprine en Belgique. Les traitements réalisés contre la coccidiose en Belgique se font hors AMM via la cascade et engagent la responsabilité du vétérinaire.

2.5 Prévention

Le véritable challenge dans la gestion de la coccidiose est la prévention de la contamination environnementale excessive et la diminution du stress (Foreyt, 1990 ; Wright et Coop, 2007). La coccidiose est une maladie auto-limitante dans les élevages avec une faible pression d'infection et où les animaux pâturent. C'est pourquoi, avant même de traiter les animaux, il convient d'essayer de limiter dans la mesure du possible les facteurs de risques associés aux élevages intensifs. En effet, on peut améliorer les conditions de ces exploitations mais le type d'élevage en lui-même est un facteur de risque. Les longues périodes de chevrotage favorisent la contamination excessive de l'environnement (Catchpole *et al.*, 1993). Premièrement, un bon management sanitaire permet de diminuer les contaminations oro-fécales. Les coccidies sont difficiles à éliminer. En effet, les oocystes sont résistants à la plupart des désinfectants et résistent à des températures extrêmes entre -30 C° et 63 C°. Par exemple, les oocystes sporulés survivent 7 jours à -25 C°. Le cycle ne s'arrête ni en été, ni en hiver. L'idéal est de désinfecter les locaux à la vapeur pour atteindre une température supérieure à 63°C (Foreyt, 1990). Deuxièmement, la gestion de la période à risque est un point clé dans l'apparition de la maladie. Le timing de contamination, les contacts entre les jeunes et les adultes et le stress pendant la période du sevrage sont des facteurs importants à prendre en considération. Pour ce dernier axe, l'environnement à la naissance semble jouer un rôle important dans la contamination des chevreaux à 3 semaines d'âge.

3. Expérience réalisée sur le terrain

3.1 Protocole

Dans le cadre de ce travail, une expérience a été réalisée en vue de mettre en évidence l'impact de l'environnement à la naissance sur la contamination des chevreaux. Pour ce faire 2 groupes de chevreaux venant de la même exploitation en zéro-grazing ont été élevés dans des endroits différents, un endroit supposé hautement contaminé et un endroit supposé peu contaminé. Comme décrit précédemment, aucune transmission transplacentaire ni via le lait ou le colostrum n'a été mise en évidence (Chartier et Paraud, 2012). Le but de cette expérience est de mettre en lumière la possibilité de contamination des chevreaux par l'environnement dans les premières heures de vie.

Pour ce faire, deux groupes de chevreaux venant de la même exploitation en zéro-grazing ont été séparés à la naissance. Les chevreaux des 2 groupes sont nés entre le 16 et le 21 janvier 2020. Le premier groupe est composé de 66 femelles restées dans leur élevage d'origine. Celles-ci ont été séparées en 3 lots de 22 chevrettes élevées dans un local différent de celui des chèvres adultes. Les chevrettes sont nourries avec un distributeur d'aliment lacté.

Le deuxième groupe est composé de six mâles. Ceux-ci ont été élevés à la Clinique Vétérinaire Universitaire (CVU) de Liège sans contact direct avec d'autres chèvres. Les chevreaux mâles ont été enlevés directement à la naissance. Ils sont nés dans la journée et sont arrivés à la CVU le soir même. En attendant d'être transportés dans leur nouvel environnement, ils sont restés dans la loge avec les chèvres gestantes et celles qui venaient de mettre bas. Ils ont reçu 2,5 L de colostrum pour eux 6. Une fois à la CVU, ils ont été nourris avec du lactoreplaceur donné au biberon. Une semaine après l'expérience, un des chevreaux a été euthanasié pour cause d'arthrite. Vers 3 mois et demi d'âge, après leur sevrage, les 5 chevreaux restant sont retournés dans un élevage de chèvre en zéro-grazing autre que celui d'origine. Sur les 5 chevreaux, 3 sont morts d'une coccidiose clinique.

Pour mettre en évidence la contamination à la naissance, un comptage d'OPG a été réalisé à 3 semaines d'âge dans le but de comparer le nombre d'oocystes chez les chevreaux mâles élevés dans un environnement peu contaminé (n=3) et les femelles élevées dans leur élevage (n=9). En effet, la période prépatente est d'environ 15 jours donc si les chevreaux ont été contaminés à la naissance, ils excrètent des oocystes à 3 semaines d'âge dans leur environnement naturel et d'accueil. Cependant, est-ce qu'une différence est observée entre les

chevreaux présents dans l'environnement plus à risque que ceux dans un environnement peu contaminé ?

Pour calculer le nombre d'OPG, la technique de Mc Master a été utilisée. Celle-ci s'est basée sur la méthode décrite dans l'article de Thienpont et collaborateurs (1979) ainsi que celle de l'école nationale vétérinaire de Lyon (ENVL, 2020). Dans cette expérience, 2 opérateurs ont comptés les OPG. Les prélèvements pesaient entre 0,5 et 5 grammes et ont été dilués au 1/15^{ème} avec du NaCl saturé. Une fois dilués, les prélèvements ont été filtrés avec 2 compresses repliées et l'opération a été répétée 2 fois. Ensuite, le mélange filtré a été homogénéisé avec un agitateur pendant 5 minutes et enfin placé sur la lame de Mc Master avec une pipette Pasteur. Le comptage s'est fait de manière systématique en commençant par la cellule de gauche et en balayant les colonnes de gauche à droite et puis de droite à gauche. Les chiffres obtenus pour les 2 cellules ont été additionnés et multipliés par 50 pour obtenir l'OPG. Un oocyste compté représente 50 oocystes en réalité lorsque les 2 cellules sont comptées (ENVL, 2020).

Une analyse statistique a été utilisée pour comparer la moyenne des 2 groupes composés d'un nombre différent d'échantillons. Un test de Fischer a été utilisé pour voir si la variance des deux groupes était homogène. Aucune différence au niveau de la variance des 2 échantillons avec un intervalle de confiance de 99,9% n'a été montrée. Ensuite, les moyennes des 2 groupes ont été comparées statistiquement avec un test de Student pour les données non paires.

En ce qui concerne les 5 chevreaux mâles, un comptage d'OPG a été réalisé sur un chevreau avant sa mort. Les 3 chevreaux morts ont été autopsiés à la faculté de médecine vétérinaire de Liège. Sur un des trois chevreaux autopsié, un examen microscopique a été réalisé sur les ganglions mésentériques et la paroi intestinale.

3.2 Résultats

Les résultats des coprologies se trouvent sur le tableau II. Cette expérience montre que les chevreaux mâles et femelles nés au même endroit et au même moment ont des valeurs d'OPG dont les moyennes sont semblables alors qu'ils ont été élevés dans des environnements différents et sont de sexes différents.

En ce qui concerne le comptage d'OPG à 3 mois d'âge, le chevreau prélevé présentait 5.000 OPG de coccidies non pathogène et 35.000 OPG de coccidies pathogènes. Les valeurs prises pour définir une coccidiose clinique d'Yvoré et collaborateurs (1987) sont au-dessus de ces chiffres. Cela indique encore une fois qu'il est très difficile d'établir un seuil d'OPG pour

indiquer une coccidiose clinique. Le diagnostic clinique et anatomo-pathologique étant concluant pour indiquer une coccidiose clinique. Ces analyses ont été réalisées par un laboratoire contrairement à celles de l'expérience.

Les chevreaux autopsiés avaient des lésions semblables. Les 3 cadavres présentaient de la cachexie humide ainsi qu'un contenu intestinal liquidien. Deux des chevreaux présentaient des ganglions mésentériques hypertrophiés et blanchâtres. Un des trois chevreaux a présenté une parois intestinale congestive, les autres n'avaient pas de signes d'entérite. Ce chevreau, *ante mortem* présentait de la diarrhée hémorragique. Un des 3 cadavres était légèrement anémique. L'examen microscopique du chevreau a révélé la présence de coccidies dans les ganglions et la parois intestinale avec une inflammation légère.

Tableau II : Nombre d'OPG dans le groupe des femelles (n=9) et des mâles (n=3) accompagné de la moyenne arithmétique de chaque groupe et du résultat statistique du test de Student

	Femelles (n=9)	Mâles (n=3)
	OPG	OPG
	14700	8250
	11400	13900
	9750	10700
	8050	
	12000	
	14250	
	9050	
	8650	
	10250	
Moyenne des échantillons	10900	10950
Résultats	Jusqu'à preuve du contraire, les moyennes des OPG des mâles et des femelles ne sont pas différentes. Aucune différence n'a pu être montrée avec un intervalle de confiance de 99,95% (valeur de t observée :0,03023556 < t seuil :1,812)	

3.3 Discussion

L'importance pratique de cette contamination se reflète dans l'environnement au moment du chevrotage. Plusieurs questions se posent au vu de ces résultats. Le colostrum a pu jouer un rôle dans la transmission des coccidies ainsi que l'environnement pendant les premières heures de vie. Pour pouvoir faire la distinction entre les 2, ou impliquer ces 2 paramètres dans la contamination, une autre étude pourrait être réalisée. La contamination via le colostrum pourrait être mise en évidence en donnant du colostrum de mères d'un élevage en

zéro-grazing à des chevreaux nés dans un environnement « germ free » pour pouvoir observer une éventuelle contamination par la suite.

Au contraire, le colostrum donné aux chevreaux a pu conférer une immunité cellulaire et humorale contre la coccidiose. A l'heure actuelle, il n'y a pas de preuve que les anticorps maternels soient protecteurs pour le chevreau (Reeg *et al.*, 2005). Peu d'études existent sur le transfert d'immunité colostrale chez les chevreaux en général, les affirmations qui suivent proviennent d'études réalisées chez les veaux. La réponse immune contre les coccidies n'est pas encore tout à fait élucidée. Il semblerait que ce soit une réponse adaptative de type TH1 (Taubert *et al.*, 2008) dans laquelle les lymphocytes T CD4⁺ vont se différencier vers un profil cytokinique plus spécifique de réponses contre les virus, bactéries et agents pathogènes intracellulaires (Kidd, 2003). La mère pourrait transmettre des lymphocytes ainsi que les cytokines de type TH1 via le colostrum (Duhamel *et al.*, 1987 ; Yang *et al.*, 1997) et ainsi moduler la réponse immune du chevreau (Reber *et al.*, 2008). Malheureusement, l'impact de la protection colostrale ne peut pas être mise en évidence ici. La quantité de colostrum qu'ont reçu les chevreaux mâles était insuffisante (2,5 L pour 6) et ne venait pas de leur propre mère. Un chevreau doit recevoir 200 ml de colostrum par kg de poids vif dans les 24 premières heures de vie ou téter au moins pendant 24 heures pour avoir un transfert d'immunité colostrale correct (Castro *et al.*, 2009). Aucune information n'a été récoltée concernant la qualité du colostrum. Le chevreau mort d'arthrite peut être une conséquence du mauvais transfert de l'immunité colostrale.

L'évolution des chevreaux mâles pose également question. Trois chevreaux sont morts de coccidiose clinique alors qu'ils étaient déjà contaminés. Cette contamination n'a vraisemblablement pas joué de rôle protecteur contre la coccidiose. Cela remet en question le principe de vaccination que nous allons développer dans la dernière partie de ce travail. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer la mort des chevreaux lors de leur ré-introduction dans un élevage de chèvres. Soit la dose contaminante n'a pas été assez élevée pour permettre aux chevreaux d'acquérir une immunité envers ce pathogène, soit la pression d'infection était beaucoup trop importante, associée au stress du sevrage et du changement d'environnement pour que leur système immunitaire puisse faire face à l'apparition de la maladie. Une combinaison des 2 hypothèses peut être envisagée.

L'autopsie des chevreaux mâles a révélé des lésions contradictoires avec ce que l'on retrouve dans la littérature. Un chevreau a présenté une diarrhée hémorragique et un autre de l'anémie. Deux auteurs disent que la diarrhée n'est jamais hémorragique chez les caprins

contrairement aux bovins et ovins (Foreyt, 1990 ; Koudela et Bokova, 1998). Ces données sont assez anciennes et ces observations ne sont pas faites sur des élevages de chèvres en zéro-grazing ce qui peut mener à un biais. Une étude des lésions qu'engendre la coccidiose chez les chèvres en zéro-grazing pourrait être intéressante à réaliser.

Plusieurs biais sont à noter dans cette expérience. Premièrement au niveau de la technique de Mc Master, un biais au niveau de l'opérateur est observé. Deux opérateurs ont effectué les comptages et ils n'étaient pas expérimentés. Ensuite, la quantité de matière fécale est relativement faible ce qui a demandé de faire des échantillons de tailles différentes et d'adapter la quantité de NaCl à ajouter au prélèvement. Puis, un biais de sélection peut être mis en cause car le nombre d'animaux est relativement faible et les deux groupes comparés sont de taille et de sexe différent, ils n'ont également pas reçu la même quantité de colostrum. L'idéal est d'avoir plus d'individus et des mâles et des femelles dans les 2 groupes pour être plus représentatif de la population de référence. Enfin, toujours au niveau de la sélection, le stress du transport des chevreaux mâles dans les premières heures de vie a pu également influencer cette expérience.

Les différences au niveau du colostrum et du transport peuvent expliquer pourquoi la quantité d'OPG a pu être semblable au vu des environnements différents. Les mâles ont eu moins de colostrum avec un plus grand stress de départ dans les premières heures de vie. Ces facteurs ont pu diminuer leur immunité et permettre une multiplication plus importante des coccidies.

4. Possibilité de traitement des cas en Belgique

Au vu de l'expérience réalisée dans le cadre de ce travail, le traitement prophylactique ou métaphylactique est un axe important dans la gestion de la coccidiose. En effet, les facteurs de risque sont parfois trop importants et ne peuvent pas être gérés par de bonnes pratiques d'élevages car les animaux sont continuellement contaminés par l'environnement (Witcombe et Smith, 2014). Les animaux à traiter sont les chevreaux aux alentours du sevrage qui ont besoin d'une aide pour gérer la maladie. Avant de développer les molécules utilisables en Belgique pour traiter la coccidiose chez les chèvres, il convient de replacer l'utilisation des anticoccidiens dans un contexte légal.

4.1 Aspect légal

Très peu de médicaments possèdent d'AMM pour les chèvres car c'est une « espèce mineure ». Cependant, les caprins ne peuvent pas être considérés comme des ovins ou des

bovins car leur métabolisme est différent (Rostang *et al.*, 2017). Par exemple, l'activité des microsomes hépatiques est différente pour la métabolisation de l'oxfendazole chez les moutons et les chèvres (Short *et al.*, 1988). La dose pour les ovins ou bovins ne peut pas être extrapolée à l'espèce caprine car il y a un risque de créer des résistances ou de conduire à un échec thérapeutique.

Pour qu'une molécule soit utilisée via la cascade, il faut qu'elle respecte la réglementation européenne qui prend en compte les règles en matière de résidus (Règlement Européen : RE : 470/2009). Tout d'abord, la molécule doit être inscrite dans le Tableau 1 du RE 37/2010 et ne pas être présente dans le tableau 2 (qui comprend les molécules interdites). Ensuite, les LMR (Limites Maximales de Résidus) du tissus cibles (lait, viande, œuf) doivent avoir été déterminées. Si aucune LMR n'a été établie pour le lait, les chèvres productrices de lait ne peuvent pas en bénéficier. Si une LMR pour le lait dans une autre espèce a été établie, un temps d'attente forfaitaire de minimum 7 jours doit être appliqué. Cependant, ce sont les chevreaux qui doivent bénéficier d'un traitement anticoccidien bien que ceux-ci ne produiront pas de lait avant l'âge d'un an.

Dans notre cas, pour traiter la coccidiose chez les chèvres dans un élevage laitier, nous allons nous intéresser au niveau 1 de la cascade qui est d'utiliser un médicament vétérinaire enregistré en Belgique chez une autre espèce. Les molécules développées font toutes parties du tableau 1 du RE 37/2010.

4.2 Sulfamidés

Les sulfamidés sont la classe la plus ancienne d'anticoccidiens (Briot, 2009 ; Witcombe et Smith, 2014). Grumbles et collaborateurs (1948) ont montrés qu'il était possible de contrôler la coccidiose en ajoutant de la sulphaquinoxaline dans l'alimentation des poules. Ces molécules interfèrent avec le métabolisme de la vitamine B9 (acide folique) (Witcombe et Smith, 2014). **Ils inhibent la deuxième schizogonie qui permet quand même de stimuler l'immunité via les stades plus précoces du parasite.** Cependant, cette molécule est néphrotoxique et est également un antibiotique. Le seul enregistré en Belgique est de la sulfadiméthoxine sodique sous le nom de Coxiplus[®] (OROPHARMA). Elle a une AMM pour les pigeons non producteurs de denrées alimentaires. En regardant le tableau 1 du RE 37/2010, une LMR est fixée chez la chèvre à 100 µg/kg de lait ou de viande pour les sulfamidés mais uniquement pour la voie parentérale.

4.3 Amprolium

L'amprolium est une molécule antagoniste de la thiamine (Vitamine B1). A forte dose (600 mg/kg), elle peut causer des carences en vitamine B1 et entraîner une nécrose cortico-cérébrale (Foreyt, 1990 ; Horino *et al.*, 1994). Elle est efficace contre les derniers stades d'infection (Chartier et Paraud, 2012). Une dose de 50 mg/kg chez les chèvres *per os* pendant 5 jours permet de diminuer significativement le nombre d'oocystes comptés et de diminuer les signes cliniques (Young *et al.*, 2011). Des résistances envers l'amprolium sont décrites chez les chèvres en Inde (Paul et Sharma, 2014). Aucune LMR n'est requise pour cette molécule mais elle doit être utilisée par voie orale (RE 37/2010). Une spécialité existe en Belgique pour les volailles productrices d'œufs et de viande, Coccibal[®] (S.P VETERINARIA). Cependant, cette préparation est à mettre dans l'eau de boisson et les chevriers ne possèdent pas de pompe doseuse comme en élevage aviaire ou porcin.

4.4 Décoquinate

Le décoquinate est une molécule non antibiotique (Buxton *et al.*, 1996) qui a été largement utilisée depuis des années pour traiter la coccidiose. C'est la molécule pour laquelle les résistances sont apparues les plus rapidement ; 3 ans après son introduction (Chapman, 1997). Il agit en bloquant la respiration cellulaire au niveau des mitochondries (Wang, 1976) aux stades précoces du parasite. Comme l'amprolium, c'est une molécule à administrer pendant plusieurs jours dans l'aliment. Morand-Fehr et collaborateurs (1999) ont réalisé une étude pour voir l'effet du décoquinate sur le poids et sur la production laitière et il en ressort que le traitement avec 1 mg/kg/jour à partir de 8 jours et jusqu'à 75 jours après le sevrage donne un poids à la mise-bas et une production laitière à la première lactation significativement plus élevée. Les spécialités à ajouter à l'aliment sont très chères par leur durée d'utilisation (Witcombe et Smith, 2014). Le décoquinate n'est pas disponible en Belgique.

4.5 Ionophores

Les ionophores tels que le monensin et le lasalocid agissent sur les stades précoces de la coccidiose en perméabilisant les membranes cellulaires (Witcombe et Smith, 2014). Ils ont une toxicité musculaire s'ils sont surdosés (Jones, 2001). Ce sont également des antibiotiques. Le monensin existe en Belgique sous forme de bolus pour les bovins (Kexxtone[®], ELANCO) pour prévenir les acétonémies cliniques et subcliniques. Ce n'est pas applicable pratiquement chez la chèvre au vu de la taille du dispositif. De plus, l'utilisation du monensin comme additif

alimentaire est interdite depuis le 1^{er} janvier 2006 par son utilisation comme promoteur de croissance chez les veaux et de production laitière chez les vaches (RE 2019/6).

Les molécules décrites ci-dessus sont difficilement utilisables chez les chèvres laitières en Belgique. Bien que la plupart de ces molécules soient actives contre les coccidies, leur interdiction, l'absence de spécialité en Belgique, les espèces et leur spéculation cible ou la forme du médicament ne correspondent pas à l'objectif poursuivi. De plus, les molécules anti-coccidiennes et antibiotiques ne peuvent pas être utilisés de manière prophylactique selon le RE 2019/6, seul l'utilisation métaphylactique est envisageable au vu du contexte d'actuel d'antibiorésistance.

4.6 Triazones : Toltrazuril et Diclazuril

Les triazones sont les seules molécules potentiellement utilisables chez les chevreux aux alentours du sevrage. Cependant, ces molécules ont déjà des résistances et peuvent avoir un impact sur l'environnement.

4.6.1 Historique

Les triazones sont les 2 dernières molécules à avoir été mises sur le marché, en 1986 pour le toltrazuril et en 1990 pour le diclazuril. Chez les volailles, des résistances au toltrazuril et au diclazuril ont été enregistrées en 1993 et 1994, respectivement 7 et 4 ans après leur mise sur le marché (Chapman, 1997). La résistance au diclazuril a été observée plus rapidement, sûrement liée aux résistances croisées qui existent pour les molécules qui ont un mode d'action similaire. Aucune étude n'a été réalisée à propos des résistances des différentes espèces d'*Eimeria* caprines existantes envers les triazones. Au vu des résultats chez les volailles et le peu de molécules utilisables en Belgique, ce serait utopique de nier leur existence.

En effet, il faut s'intéresser à la posologie optimale pour diminuer l'OPG. Si une dose suboptimale est utilisée, il y a un risque d'apparition de résistances (Peek et Landman, 2005). Deux autres facteurs pharmacologiques sont à prendre en compte pour que le traitement soit efficace contre les coccidies. Le premier facteur est l'importance du timing du traitement montré dans une étude réalisée chez les veaux. Il est important pour prévenir la maladie clinique et permettre de développer une réponse immunitaire appropriée envers les coccidies. Toujours dans la même étude, le deuxième facteur est que le traitement recherché ne doit pas éliminer tous les parasites, si c'est le cas, la maladie risque de devenir récurrente dans le scénario où les animaux

retournent dans un environnement contaminé (Taylor *et al.*, 2010). L'infection primaire est la plus importante pour garantir une immunité (Conlogue *et al.*, 1984).

4.6.2 Posologie du toltrazuril dans l'espèce caprine

Le toltrazuril est enregistré en Belgique sous plusieurs spécialités commerciales (Tableau III). Quatre études ont été réalisées quant à son utilisation chez les chevreaux. Deux études réalisées par la même équipe ont utilisé le ponazuril, un de ses métabolites actifs à la place du toltrazuril (Dirikolu *et al.*, 2009). Ils ont d'abord effectué une étude pharmacocinétique afin de montrer la bonne absorption de 10 mg/kg de ponazuril. Ensuite, ils ont fait un essai clinique en comparant l'efficacité du ponazuril (10 mg/kg *per os* 1 fois) à celle de l'amprolium (50 mg/kg SID pendant 5 jours). Il en ressort que ces 2 molécules sont efficaces pour diminuer significativement ($p < 0,001$) l'OPG mais aucune différence n'est observée entre les 2 molécules en termes d'efficacité (Gibbons *et al.*, 2016 ; Love *et al.*, 2016). Le seul avantage du ponazuril est qu'il est plus facile à administrer. Les 2 autres études ont utilisé le toltrazuril (Balicka-Ramis, 1999 ; Iqbal *et al.*, 2013). L'étude de Balicka-Ramis (1999) montre qu'avec 20 mg/kg de toltrazuril donné *per os* une fois, une diminution importante de l'OPG 7 jours après le traitement est observée. Pour *E. ninakohlyakimovae*, l'OPG passe de 0 - 9.000 à 0 - 100. Dans l'étude de Iqbal et collaborateurs (2013), une dose identique à l'étude précédente a été utilisée. Une réduction significative ($< 0,05$) du nombre d'OPG a été obtenue avec 20 mg/kg de toltrazuril comparé à l'amprolium (50 mg/kg pendant 5 jours) et aux extraits d'*Artemisia absinthium*. Il ressort de ces études que la posologie de 20 mg/kg de toltrazuril est efficace pour lutter contre la coccidiose chez les chèvres sans être stérilisante. Cependant, cette molécule ne peut pas être utilisée chez les chèvres productrices de lait car aucune LMR n'a été établie, mais l'objectif est de traiter les chevreaux aux alentours du sevrage bien avant leur entrée en production.

4.6.3 Posologie du diclazuril dans l'espèce caprine

Le diclazuril est enregistré en Belgique sous le nom de Vecoxan[®] (ELANCO). Une étude a été réalisée sur l'effet du diclazuril chez les chevreaux. Elle est réalisée sur 101 chevreaux âgés de 2 à 4 semaines divisés en 5 groupes pour tester différentes posologies de diclazuril (Ruiz *et al.*, 2012). Les différentes posologies et schémas thérapeutiques sont les suivants ; soit 1 mg/kg ou 2 mg/kg à 3 semaines, soit un double traitement à 3 et 5 semaines d'âge avec 1 mg/kg ou 2 mg/kg et un groupe contrôle. L'âge de 3 semaines représente le jour zéro de l'expérience. C'est-à-dire que dans le schéma thérapeutique où les chevreaux sont

traités à 5 semaines, ils sont en fait traités au jour 14 de l'expérience. Il ressort de cette étude que l'OPG est significativement réduit après 1 seul traitement à 1 mg/kg de diclazuril jusqu'à 14 jours après le traitement ($p < 0,01$). Après les 14 jours, une remontée est observée pour arriver jusqu'au niveau d'OPG du groupe contrôle. L'administration d'un second traitement permet d'avoir un effet cumulatif et de diminuer significativement le nombre d'OPG jusqu'à 42 jours après le premier traitement. Il y a peu de différence entre le double traitement à 2 mg/kg et celui à 1 mg/kg. Ces données sont reprises dans la figure 2. Il en ressort également que les animaux traités 1 fois ont plus de signes cliniques que les animaux médiqués 2 fois. Cette découverte a été appuyée par les études de Alzieu et collaborateurs (1999) chez les agneaux qui suggère qu'un second traitement peut être avantageux chez les animaux surexposés aux coccidies. Le traitement devra se faire à 4 semaines d'âge pour que les chevreaux aient été infectés et qu'ils aient la possibilité de développer une réponse immunitaire. Dans les environnements fortement contaminés, un second traitement à 2 semaines d'intervalle peut être utilisé (Ruiz *et al.*, 2012).

Le diclazuril peut être utilisé chez les chèvres laitières, cependant, des études réalisées chez des brebis ne semblent pas montrer une protection des agneaux via le traitement des mères (Wright et Coop, 2007).

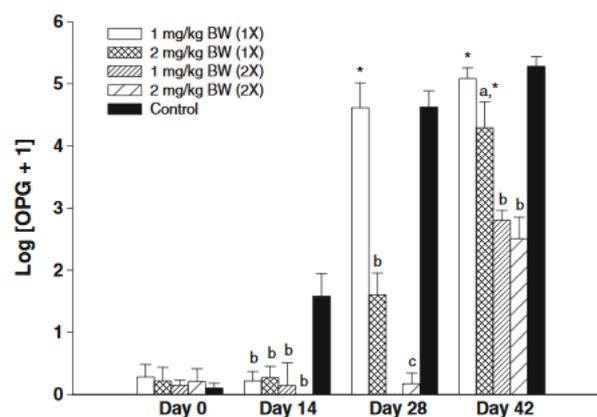


Figure 2 : OPG comptés chez des chevreaux naturellement infectés par *Eimeria spp.*, et traités avec du diclazuril (Vecoxan[®]) avec différents schémas thérapeutiques à savoir une dose de 1 ou 2 mg/kg de poids corporel (BW) donné à 3 semaines d'âge (jour zéro de l'expérience) et pour les groupes traités deux fois à 5 semaines d'âge (jour 14 de l'expérience). Les OPG comptés sont représentés par le logarithme de l'OPG plus un ($\log [OPG+1]$) et représentent la moyenne \pm ESM (erreur standard de la moyenne) dans tous les groupes expérimentés. a = $p < 0,05$ traités comparé au groupe contrôle. b = $p < 0,01$ traités comparé au groupe contrôle. c = $p < 0,001$ traités comparés au groupe contrôle. * : $p < 0,001$ entre les différents groupes traités (Ruiz *et al.*, 2012).

4.6.4 Comparaison entre le toltrazuril et le diclazuril

La comparaison entre ces 2 molécules n'a pas été réalisée chez les caprins contrairement aux ovins et bovins. Des études comparatives ont été faites chez des agneaux élevés à l'intérieur et dans des conditions semblables à celles des chèvres en zéro-grazing. Le toltrazuril semble être plus efficace que le diclazuril et cela provient de sa plus longue durée d'action sur la diminution des oocystes d'*Eimeria sp* (Alzieu *et al.*, 1999 ; Platzer *et al.*, 2005 ; Mundt *et al.*, 2009 ; Le Sueur *et al.*, 2009 ; Diaferia *et al.*, 2013). L'étude de Diaferia et collaborateurs (2013) a été financée par BAYER qui produit le Baycox[®] et pourrait mener à un biais d'industrie. Cependant, au vu du nombre d'études qui ont les mêmes conclusions, ces informations semblent tout de même pertinentes. La diminution d'excrétion se prolonge au-delà de 14 jours post-traitement contrairement à ce qu'on a observé pour le diclazuril dans l'étude de Ruiz et collaborateurs (2012). Cette différence peut s'expliquer par le spectre d'activité du toltrazuril qui agit sur tous les stades intra-cellulaires du parasite alors que le diclazuril n'agit pas sur tous les stades (Mundt *et al.*, 2009). Ces observations ont également été réalisées chez les veaux (Mage *et al.*, 2007 ; Mundt *et al.*, 2007). Cependant, une étude réalisée chez des veaux en France montre un résultat différent. Septante-huit jours après le traitement, l'excrétion d'oocystes est moindre avec le diclazuril qu'avec le toltrazuril (Philippe *et al.*, 2014). Pour confirmer l'efficacité plus importante du toltrazuril sur l'excrétion d'oocystes chez les chèvres que celle du diclazuril, une étude comparative des 2 molécules peut être envisagée. En effet, serait-il plus avantageux de traiter une fois au toltrazuril ou deux fois avec du diclazuril pour la même durée d'action ? Un autre facteur à prendre en considération est l'évolution du traitement au toltrazuril. Comme il agit sur tous les stades du parasite, est-ce qu'à long terme, une trop faible infection pourrait être lié à une moins bonne immunité ?

4.6.5 Impact sur l'environnement

Ces molécules sont largement utilisées en Belgique pour prévenir et traiter la coccidiose chez de nombreuses espèces. Cependant, il s'avère qu'elles peuvent être néfastes pour l'environnement. En effet, les anticoccidiens ont la caractéristique d'être peu absorbé par l'individu car ils doivent agir au niveau de l'intestin (Broekaert *et al.*, 2011). Ces substances sont donc présentes de manière importante dans les sols (Boxall *et al.*, 2003). Par exemple, le diclazuril peut être excrété sous forme active non métabolisée jusqu'à 85-95% dans l'environnement (Broekaert *et al.*, 2011).

En Wallonie, il existe une association sans but lucratif qui a pour but de conseiller et d'informer les éleveurs pour mettre en œuvre le programme agro-environnemental du réseau écologique européen Natura 2000. Elle s'appelle Natagriwal. Ces 2 anticoccidiens sont placés dans la classe des molécules à utiliser « avec modération » dans la liste des substances ayant une écotoxicité théorique envers les insectes coprophages de cette association. Même si ces molécules se retrouvent en grande quantité dans les sols, le risque que ces substances soient toxiques pour les insectes coprophages est assez faible. En effet, ces molécules ont une activité contre les protozoaires puisqu'ils sont phylogénétiquement très éloignés des insectes. Cependant, le toltrazuril peut avoir une toxicité sur les plantes. Le toltrazuril a la particularité d'être métabolisé en quelques jours dans le sol en ponazuril qui a une demi-vie d'élimination dans l'environnement de 472 jours. Celui-ci a des propriétés toxiques pour les plantes surtout en ce qui concerne leur croissance. Une légère toxicité a été montrée également pour les organismes aquatiques avec 24 µg/L pour les daphnies d'eau douce (CVMP, 2008).

Tableau III : Tableau récapitulatif des différentes triazones disponibles en Belgique via le niveau 1 de la cascade accompagnée de leur spécialité pharmaceutique, de l'espèce cible de la spécialité avec son délai d'attente viande et/ou lait, de la posologie chez la chèvre trouvée dans la littérature ainsi que son autorisation d'application chez la chèvre laitière via le RE 37/2010.

Molécule	Spécialité pharmaceutique	Espèce cible et délais d'attentes viande, lait (D.A V, L)	Posologie chez la chèvre	Applicable via la cascade chez la chèvre laitière ? (RE 37/2010)
Diclazuril	Vecoxan ® 2.5 mg/ml (ELANCO)	<u>Veau et agneaux</u> D.A V, L : 0 jours	1 mg/kg à répéter 1 fois 2 semaines après le 1 ^{er} traitement si l'environnement est à risque (Ruiz <i>et al.</i> , 2012)	Ruminants <i>per os</i>
Toltrazuril	Baycox Multi ® 50 mg/ml (BAYER) Tolracol ® 50 mg/ml (KRKA) Cevazuril ® 50 mg/ml (CEVA) (Bovin et Porc uniquement)	<u>Bovins D.A V :</u> 63 jours <u>Ovins D.A V :</u> 42 jours <u>Porc D.A V :</u> 77 jours	20 mg/kg (Balicka-Ramisz, 1999 ; Iqbal <i>et al.</i> , 2013)	Autorisé chez tous les mammifères mais pas dont le lait est destiné à la consommation humaine

5. Prévention de la coccidiose appliquée aux élevages en zéro-grazing

Le traitement chimiothérapeutique est un point essentiel de la gestion de la coccidiose dans un élevage laitier en zéro-grazing. Cependant, l'utilisation des triazones et surtout du toltrazuril a des conséquences néfastes pour l'environnement. Pour limiter leur utilisation, quelques bonnes pratiques de management peuvent être mises en place pour diminuer la pression d'infection et les facteurs de risques qui mènent à l'apparition de la maladie au moment du sevrage.

Premièrement pour diminuer la pression d'infection, mis à part le nettoyage-désinfection, plusieurs mesures peuvent être mises en place. Un bon paillage, une bonne ventilation et un bon respect des mesures de densité d'occupation permettent de diminuer la sporulation des oocystes de coccidies. Les recommandations usuelles de surface de l'aire paillée varient avec l'âge. Elles sont de 0,3 m² à moins d'un mois, 0,5 m² à 2-3 mois (moment du sevrage), 1 m² à 7 mois et 1,5 m² chez les chèvres adultes avec un paillage 1 fois par jour avec une quantité d'1 kg paille par chèvre par jour. Le paillage sera très important au moment des mises-bas car les chevreaux sont contaminés à ce moment-là. Pour les chevreaux, l'idéal est d'avoir 15 chevreaux par case d'allaitement. Dans les élevages de plus de 400 chèvres, il est indispensable d'avoir un autre bâtiment pour les chevrettes et les chevreaux avec idéalement des locaux pour les animaux en phase lactée et d'autres pour ceux en post-sevrage (BTPL, 1994 ; Renou, 2012 ; Béalu, 2018). Cela permet de diminuer les contacts entre les jeunes et les adultes qui est un facteur de risque important dans l'apparition de la coccidiose.

Ensuite, le moment du sevrage étant une étape critique dans l'apparition de la maladie, d'autres mesures spécifiques à cette période peuvent être mise en place. La transition alimentaire est un moment stressant pour les chevreaux. Il faut les habituer à s'alimenter avec des aliments solides en leur donnant du foin et un calf starter de bonne qualité. Mis à part le changement d'alimentation, plusieurs actes stressants vont être réalisés durant cette période. L'idéal sera de répartir ces actes pour habituer les chevreaux à être manipulés. Par exemple, le premier jour du sevrage lacté ne devra pas se faire le même jour que le regroupement de différents lots car le stress sera alors très intense et le risque d'immunodépression augmenté. Les contacts avec des chèvres adultes doivent également être évités avant et pendant cette période.

6. Perspectives de traitement

L'augmentation des résistances aux médicaments et la demande de produits sans résidus encourage le développement de stratégies de contrôles non-médicamenteuses. Comme nous l'avons vu précédemment, les molécules anticoccidiennes disponibles sur le marché en Belgique sont néfastes pour l'environnement et les bonnes pratiques d'élevage limitées dans les environnements fortement contaminés (Witcombe et Smith, 2014). De plus, depuis le diclazuril, aucune nouvelle molécule n'a été découverte. L'urgence de trouver de nouvelles alternatives de traitement est dès lors évidente. Deux méthodes alternatives aux traitements chimiothérapeutiques ont montrés des perspectives de traitement intéressantes envers *Eimeria sp* chez les chèvres, les oocystes sporulés atténués et les plantes riches en tanins condensés.

6.1 Oocystes sporulés atténués

La coccidiose est une maladie auto-limitante. Les chevreaux exposés à de faibles doses de coccidies s'immunisent. C'est ce qui a donné l'idée aux chercheurs de développer des vaccins contre cette maladie. Chez les volailles, des vaccins vivants virulents et vivants atténués existent. Par exemple, en Belgique le Paracox[®] est un vaccin composé d'oocystes atténués de différentes espèces d'*Eimeria* aviaire qui se donne *per os*. Une étude réalisée en 2014 par Ruiz et collaborateurs montre l'efficacité d'une vaccination par voie orale avec des oocystes sporulés atténués aux rayons X d'*E. ninakohlyakimovae*. Il montre que le groupe de chevreaux traités avec des oocystes atténués a une réduction d'excrétion de 95,3% d'oocystes contrairement au groupe traité avec des oocystes non atténués. Cependant, cette étude a été réalisée sur un petit nombre de chevreaux (n=18) et en conditions expérimentales. C'est le seul projet de vaccin pour le moment. Cela montre que les oocystes atténués sont protecteurs contrairement à de faibles doses d'oocystes non atténués ingérés pendant les premières heures de vie comme cela a été décrit dans l'expérience de ce travail.

6.2 Plantes riches en tanins condensés

Les tanins condensés sont présents dans les téguments des légumineuses et d'herbes fourragères. Ce sont des polyphénols (Waghorn *et al.*, 1990 ; Terrill *et al.*, 1992). Les plantes riches en tannins condensés ont montré leur efficacité dans la lutte contre les nématodes gastro-intestinaux (Landau *et al.*, 2010). Plusieurs études ont été réalisées sur l'utilisation des plantes riches en tannins dans l'alimentation des chevreaux pour lutter contre la coccidiose (Hur *et al.*, 2005 ; Madibela et Kelemogile, 2008 ; Kommuru *et al.*, 2014).

La toute première étude *in vivo* sur 12 chevreaux coréens a été réalisée par Hur et collaborateurs en 2005. Les composés de plantes utilisés sont les aiguilles de pins (*Pinus densiflora*), les feuilles de chêne (*Quercus acutissima*) associés à des pellets de luzerne. L'excrétion d'oocystes a été mesurée sur une période de 10 jours après le changement de ration. A la fin de l'expérience, le nombre d'OPG a été significativement diminué ($p < 0,001$) avec une ration à base d'aiguilles de pins et de pellets de luzerne (40 g/kg de matière sèche/chevreau/jour) et à base de feuilles de chênes et de pellets de luzerne (40 g/kg de matière sèche/chevreau/jour) par rapport au groupe contrôle alimenté uniquement avec des pellets de luzerne. Les aiguilles de pins contiennent 80,5 g par kg de matière sèche de tannins condensés, les feuilles de chênes 25,9 g par kg de matière sèche tandis que les pellets de luzerne ne contiennent que 2,3 g par kg de matière sèche de tannins condensés.

Une étude en 2008 sur 19 chevrettes d'un an au Botswana a montré une diminution significative de l'excrétion d'oocystes avec l'ingestion des fruits mûrs du Lila de Perse (*Melia azadirachta*) comparé au groupe contrôle ($p < 0,001$) après 2 et 3 semaines d'ingestion. Les chevrettes recevaient environ 7,3 g/kg par jour de tannins condensés (Madibela et Kelemogile, 2008).

Dans la troisième étude, une autre plante, le trèfle chinois (*Lespedeza cuneata*) (LC) a été utilisée sous plusieurs formes chez des chevreaux de 4-5 mois en Géorgie. Cette expérience voulait comparer le nombre d'OPG de chevreaux mâles nourrit *ad libitum* avec des pellets qui contiennent 90% de farine de feuille de trèfle chinois et d'un groupe contrôle. Il ressort de cette expérience que l'OPG a été réduit de 96,9% sept jours après le début du changement d'aliment à base de LC comparé au groupe contrôle ($p < 0,01$) (Kommuru *et al.*, 2014).

Ces 3 études sont faites sur des nombres restreints d'animaux (12, 19 et 24 respectivement), avec des plantes différentes et des protocoles alimentaires différents, dans des pays différents qui ne s'apparentent pas à l'élevage en zéro-grazing en Belgique. De plus l'âge des animaux ne correspond pas à celui des chevreaux que nous cherchons à traiter. La première étude (Hur *et al.*, 2005) ne renseigne pas l'âge des animaux utilisés et la deuxième utilise des chevrettes d'un an, la 3^{ème} utilise des chevreaux de 4-5 mois qui correspondent plus à notre population cible. Les chevreaux à traiter ne mangent pas encore ou très peu d'alimentation solide.

Cependant, l'effet des tanins condensés sur les coccidies n'est pas encore établi. L'effet pourrait être direct ou indirect en augmentant les protéines digestibles dans l'intestin qui favoriseraient la réponse immunitaire de l'hôte (Athanasidou *et al.*, 2001 ; Hoste *et al.*, 2006).

A de faible concentration dans l'aliment (3-7% de la matière sèche), les tannins condensés ont des effets bénéfiques alors qu'au-delà de 7%, ils deviennent néfastes pour l'animal (Barry et Mac Nabb, 1999). Au-delà de 10% de la matière sèche, les tanins condensés seront peu appréciés ce qui peut être lié à l'effet astringent de ces molécules (Jean-Blain, 1998). A ces concentrations, cela aura aussi un impact néfaste sur la croissance et la production laitière (Decandia *et al.*, 2000 ; Paolini *et al.*, 2005). Il faut donc trouver un compromis entre la dose coccidiocide et la dose néfaste pour la santé animale.

En Belgique, plusieurs plantes sont connues pour être riches en tannins condensés et pourraient être une alternative à l'utilisation des anticoccidiens comme les feuilles de chêne et les aiguilles de pins décrites dans la première expérience et le sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). A l'avenir, dans un souci de développement durable, des études pourraient être menées pour déterminer la dose exacte à donner pour diminuer l'OPG tout en gardant une croissance optimale.

7. Conclusion

La coccidiose est une maladie majeure chez les chevreaux aux alentours du sevrage dans les élevages laitiers en zéro-grazing en Belgique. Cette maladie cause principalement des diarrhées et des pertes de poids qui peuvent avoir un impact toute la vie productive de l'animal.

La gestion de la coccidiose se base tout d'abord sur un bon diagnostic de la maladie. Une fois le diagnostic établi, il convient de traiter les animaux de manière métaphylactique avec du diclazuril à 1mg/kg et de répéter ce traitement 2 semaines plus tard si l'environnement est fortement contaminé. Le diclazuril est moins néfaste pour l'environnement que le toltrazuril. Une étude comparant ces 2 molécules chez les chevreaux peut être réalisée étant donné les divergences d'opinions observés chez les autres espèces de ruminants quant à leur efficacité.

Ensuite, une fois le traitement établi, il convient de conseiller l'éleveur sur les mesures préventives à mettre en place dans son élevage pour diminuer la contamination oro-fécale et le stress au sevrage. Comme ces mesures ne sont pas suffisantes dans ce genre d'élevage, un traitement avec du diclazuril de manière prophylactique à 1 mg/kg est conseillé et à répéter deux semaines après si les conditions d'hygiènes ne peuvent pas être respectées. L'environnement au moment de la mise bas est un des points clés dans la contamination des chevreaux et demanderait à l'avenir d'être investigué.

Bibliographie :

- Agyei, A.D., Odonkor, M., Osei-Somuah, A., 2004. Concurrence of *Eimeria* and helminth parasitic infections in West African Dwarf kids in Ghana. *Small Rumin. Res.* 51, 29-35.
- Alzieu, J.P., Mage, C., Maes, L., Mûelenaere, C., 1999. Economic benefits of prophylaxis with diclazuril against subclinical coccidiosis in lambs reared indoors. *Vet. Rec.* 144, 442-444.
- AMCRA (Antimicrobial Consumption and Resistance in Animals), 2020. Antibiotiques et antibiorésistance. <https://www.amcra.be/fr/antibiotiques-et-antibioresistance/>. Consulté le 29/05/2020.
- ANICAP (Association Nationale Interprofessionnelle Caprine) et INTERBEV (Interprofession Bétail Viande), 2018. Plan de la filière caprine française à l'horizon 2022. <https://anicap.org/actions/plan-de-la-filiere-caprine-francaise-2018-2022> . Consulté le 04/06/2020.
- Athanasiadou, S., Kyriazakis, I., Jackson, F., Coop, R.L., 2001. Direct anthelmintic effects of condensed tannins toward different gastrointestinal nematodes of sheep : *in vitro* and *in vivo* studies. *Vet. Parasitol.* 99, 205-219.
- Balicka-Ramisz, A., 1999. Studies on coccidiosis in goat in Poland. *Vet. Parasitol.* 81, 347-349.
- Ballweber, L.R., Beugnet, F., Marchionodo, A.A., Payne P.A., 2014. American Association of Veterinary Parasitologists' review of veterinary fecal flotation methods and factors influencing their accuracy and use-is there really one best technique. *Vet. Parasitol.* 204,73-80.
- Baromètre laitier wallon, 2020. <https://agriculture.wallonie.be/documents/20182/21909/Barometre.pdf/6968486d-5022-4506-add4-76c0937a51c5>. Consulté le 24/05/2020.
- Barry, T.N., Mac Nabb, W.C., 1999. The effects of condensed tannins in temperate forages on animal nutrition and productivity. In : Brooker, J.D., (Ed.), *Tannins in livestock and human nutrition*, ACIAR Proceedings, Canberra, 30-35 pp.
- Béalu, C., 2018. Chevreux et chevrettes, logement et ambiance. Chambre d'agriculture des Deux-Sèvres (Ed.), Conférence CAPRINOV, Niort, 28 novembre 2018.
- Boxall, A.B.A., Fogg, L.A., Kay, P., Blackwel, P.A., Pemberton, E.J., Croxford, A., 2003. Prioritisation of veterinary medicines in the UK environment. *Lett.* 142 (3), 207-218.

- Briot, E., 2009. Maladies de l'appareil digestif des caprins. (Thèse de doctorat en Médecine Vétérinaire) Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort : Faculté de médecine de Créteil, 104-112 pp.
- Broekaert, N., Van Peteghem, C., Daeseleire, E., Sticker, D., Van Poucke, C. 2011. Development and validation of an UPLC-MS/MS method for the determination of ionophoric and synthetic coccidiostats in vegetables. *Anal. Bioanal. Chem.* 401, 3335–3344.
- Broqua C., 1989. *Bull. Techn. de IITOVIC.* 3, 16-29.
- BTPL (Bureau Technique De Promotion Laitière), 1994. Dossier bâtiments caprins. BTPL Charentes (Ed.).
- Buxton, D., Brebner, J., Wright, S., Maley, W., Thomson, M., Millard, K., 1996. Decoquinate and the control of experimental ovine toxoplasmosis. *Vet. Rec.* 138, 434-436.
- Cai, K.Z., Bai, J.L., 2009. Infection intensity of gastrointestinal nematodosis and coccidiosis of sheep raised under three types of feeding and management regimes in Ningxia Hui Autonomous Region, China. *Small Rumin. Res.* 85, 111-115.
- Castro, N., Capote, J., Morales-Delanuez, A., Rodríguez, C., Argüello A., 2009. Effects of Newborn Characteristics and Length of Colostrum Feeding Period on Passive Immune Transfer in Goat Kids. *J. Dairy Sci.* 92(4), 1616-1619.
- Catchpole, J., Norton, C.C., Gregory, M.W., 1993. Immunisation of lambs against coccidiosis. *Vet. Rec.* 132, 56–59.
- Chapman, H.D., 1997. Biochemical, genetic, and applied aspects of drugs resistance in *Eimeria* parasites of the fowl. *Avian Dis.* 26, 221-244.
- Chartier, C., 1991. Assessment of mean oocyst count in groups of kids : litter, individual randomized and non-randomized faecal samplings. *Vet. Parasitol.* 40, 187–195.
- Chartier, C., Pellet, M.P., Pors, I., 1991. La coccidiose de la chevrette. Aspects épidémiologiques et zootechniques. *Rec. Méd. Vét.* 167,113-119.
- Chartier, C., 2009. Pathologie caprine : du diagnostic à la prévention. In : *Le Point Vétérinaire* (Ed.), Wolters- Kluwer France, Rueil-Malmaison, 325 pp.
- Chartier, C., Paraud, C., 2012. Coccidiosis due to *Eimeria* in sheep and goats, a review. *Small Rumin. Res.* 103, 84-92.
- Conlogue, G., Foreyt, W.J., Wescott, R.B., 1984. Bovine coccidiosis : protective effects of low-level infection and coccidiostat treatments in calves. *Am. J. Vet. Res.* 45, 863-866.

- CVMP (Committee for Medicinal Products for Veterinary Use) de l'EMA (European medicine agency), 2008. Toltrazuril, Référence de l'article 35, Annex I-II-III. https://ec.europa.eu/health/documents/community-register/2008/2008092649693/anx_49693_en.pdf. Consulté le 31/05/2020.
- Decandia, M., Sitzia, Cabiddu, A., Kababyab, D., Molle, G., 2000. The use of polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in goats fed woody species. *Small Rumin. Res.* 38, 157-164.
- Diaferia, M., Veronesi, F., Morganti, G., Nisoli, L., Piergili Fioretti, D., 2013. Efficacy of Toltrazuril 5% Suspension (Baycox[®], Bayer) and Diclazuril (Vecoxan[®], Janssen-Cilag) in the Control of *Eimeria spp.* in Lambs. *Parasitol Res.* 112,163–168.
- Dirikolu, L., Yohn, R., Garrett, E.F., Chakkath, T., Ferguson, D.C., 2009. Detection, quantifications and pharmacokinetics of toltrazuril sulfone (Ponazuril) in cattle. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 32, 280-288.
- Duhamel, G.E., Bernoco, D., Davis, W.C., Osburn, B.I., 1987. Distribution of T and B lymphocytes in mammary dry secretions, colostrum and blood of adult dairy cattle. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 14, 101-122.
- ENVL (Ecole nationale vétérinaire de Lyon), 2020. Coproscopie parasitaire : Méthode de Mac Master. http://alizarine.vetagro-sup.fr/copro-parasite/sommaire/techniques/analyse/mac_master.htm. Consulté le 27/05/2020.
- Faizal, A.C.M., Rajapakse, R.P.V.J., 2001. Prevalence of coccidia and gastro-intestinal nematode infections in cross bred goats in the dry areas of Sri Lanka. *Small Rumin. Res.* 40, 233-238.
- FAOSTATS (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture : Statistiques). Données sur les chèvres productrices de lait. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QL>. Consulté le 24/05/2020.
- Fayer, R., 1989. Epidemiology and control of bovine coccidiosis. In: *Coccidia and Intestinal Coccidiomorphs* (Ed.), Vth International Coccidiosis Conference, Tours, France, 17–20 Octobre 1989, 445–456 pp.
- FILAGRI, 2020. Le lait de chèvre. <http://filagri.be/ovins-caprins/le-lait-de-chevre/>. Consulté le 01/06/2020.
- Foreyt, W.J., 1990. Coccidiosis and Cryptosporidiosis in Sheep and Goats. *Vet.Clin. N. Am. Food. An. Pract.* 6, 655-670.
- Foreyt, W.J., Gates, N.L., Rich, J.E., 1981. Evaluation of lasalocid in salt against ovine coccidia. *Am. J. Vet. Res.* 42, 54-56.

- Gibbons, P., Love, D., Craig, T., Budke, C., 2016. Efficacy of treatment of elevated coccidial oocyst counts in goat using amprolium versus ponazuril. *Vet. Parasitol.* 218, 1-4.
- Gouet, P., Yvoré, P., Naciri, M., Contrepois, M., 1984. Influence of digestive microflora on parasite development and the pathogenic effect of *Eimeria ovinoidalis* in the axenic, gnotoxenic and conventional lamb. *Res. Vet. Sci.* 36, 21–23.
- Gregory, M.W., Catchpole, J., Joyner, L.P., Parker, B.N.J., 1983. Observations on the epidemiology of coccidial infections in sheep under varying conditions of intensive husbandry including chemoprophylaxis with monensin. *Parasitology.* 87, 421-427.
- Gregory, M.W., Catchpole, J., Nolan, A., Hebert, C.N., 1989. Ovine coccidiosis : studies on the pathogenicity of *Eimeria ovinoidalis* and *E. crandallis* in conventionally-reared lambs, including possible effects of passive immunity. *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* 96, 287–292.
- Grumbles, L.C., Delaplane, J.P., Higgins, T.C., 1948. Continuous feeding of low concentration of sulfaquinoxaline for the control of coccidiosis in poultry. *Poult. Sci.* 27, 605-608.
- Harper, C.K., Penzhorn, B.L., 1999. Occurrence and diversity of coccidia in indigenous, Saanen and crossbred goats in South Africa. *Vet. Parasitol.* 82, 1–9.
- Horino, R., Itabisashi, T., Hirano, K., 1994. Biochemical and pathological findings on sheep and calves dying of experimental cerebrocortical necrosis. *J. Vet. Med. Sci.* 56, 481-485.
- Hoste, H., Jackson, F., Athanasiadou, S., Thamsborg, S.M., Hoskin, S.O., 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends Parasitol.* 22, 253-261.
- Hur, S.N., Molan, A.L., Cha, J.O., 2005. Effects of feeding condensed tannin-containing plants on natural coccidian infection in goats. *Asian-australas. J. Anim. Sci.* 18, 1262-1266.
- Iqbal, A., Tariq, K.A., Wazir V.S., Singh R., 2013. Antiparasitic efficacy of *Artemisia absinthium*, toltrazuril and amprolium against intestinal coccidiosis in goats. *J Parasit Dis.* 37, 88-93.
- Jalila, A., Dorny, P., Sani, R., Salim, N.B., Vercruyse J., 1998. Coccidial infections of goats in Selangor, peninsular Malaysia. *Vet. Parasitol.* 74, 165-172.
- Jean-Blain, C., 1998. Aspects nutritionnels et toxicologiques des tanins. *Rev. Méd. Vét.* 149, 911-920.

- Jirillo, F., Magrone T., 2014. Anti-inflammatory and Anti-Allergic Properties of Donkey's and Goat's Milk. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets*. 14 (1), 27-37.
- Jones, A., 2001. Monensin Toxicosis in 2 Sheep Flocks. *Can. Vet. J.* 42(2), 135-6.
- Kheysin, M.Y., Todd, K.S. (Eds), 1972. *Life Cycles of coccidia of Domestic Animals*. 1st Edition, Elsevier, University Park Press.
- Kidd, P., 2003. Th1/Th2 Balance : The Hypothesis, Its Limitations, and Implications for Health and Disease. *Altern Med Rev*. 8(3), 223-246.
- Kommuru, D.S., Barker, T., Desai, S., Burke J.M., Ramsay, A., Mueller-Harvez, I., Miller, J.E., Mosjidis, J.A., Kamiseti, N., Terrill, T.H., 2014. Use of pelleted sericea lespedeza (*Lespedeza cuneata*) for natural control of coccidia and gastrointestinal nematodes in weaned goats. *Vet. Parasitol*, [En ligne]. Disponible à l'adresse : <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.04.017> .
- Koudela, B., Bokova, A., 1998. Coccidiosis in goat in the Czech Republic. *Vet. Parasitol*. 76, 261-267.
- Landau, S., Azaizeh, H., Muklada, H., Glasser, T., Unger, E.D., Baram, H., Abbas, N., Markovics, A., 2010. Anthelmintic activity *Psitacia lenticus* foliage in two Middle Easter breeds of goats differing in their propensity to consume tannin-rich browse. *Vet.Parasitol*.173, 280-286.
- Le Jaouen, J.C., Toussaint, G.,1993. Le lait de chèvre en Europe. In : INRA (Ed.), *Le Lait*. 73 (5_6), 407-415 pp.
- Le Sueur, C., Mage, C., Mundt, H.C, 2009. Efficacy of toltrazuril (Baycox[®] 5% suspension) in natural infections with pathogenic *Eimeria spp.* in housed lambs. *Parasitol. Res*. 104, 1157-1162.
- Levine, N.D., 1985. *Veterinary protozoology*. In : Iowa State University Press, Ames (Eds.). 1st Edition.
- Love, D., Gibbons, P., Fajt, V., Jones M., 2016. Pharmacokinetics of Single-Dose Oral Ponazuril in Weanling Goats. *J Vet Pharmacol Ther*. 39(3), 305-308.
- Madibela, O.R., Kelemogile, K.M., 2008. Exposure *Melia azadirachta* fruits to *Eimeria* lowers oocyst output in yearling Tswana goats. *Small Rumin. Res*.76, 207-210.
- Mage, C. Le Sueur, C., Perzo, J.F., 2007. Contrôle des coccidioses chez des veaux charolais sous la mère par le toltrazuril. *Bull GTV*. 39, 111-115.
- Maratea, K.A., Miller, M.A., 2007. Abomasal coccidiosis associated with proliferative abomasitis in a sheep. *J.Vet. Diag. Investig*. 19, 118-121.

- Matos, L., Munoz, M.C., Molina, J.M., Rodriguez, F., Pérez, D., Lopez, A.M., Hermosilla, C., Taubert, A., Ruiz, A., 2018. Age-related immune response to experimental infection with *Eimeria ninakohlyakimovae* in goat kids. *Res.Vet. Sci.* 118, 155-163.
- Mohammed, R.A., Idris, O.A., El Sanousi, S.M., Abdelsalam, E.B., 2000. The effect of coccidian infection on the gut microflora of Nubian goat kids. *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* 107, 389–428.
- Morand-Fehr, P., Richard, A., Teissier, J., Hervieu, J., 1999. Utilisation du décoquinate chez les chevrettes d'élevage : effet sur la croissance et la production laitière. 6èmes Rencontres Recherches Ruminants (Ed.), Paris, France, 1-2 /12/1999.
- Mundt, H.C., Rödder, F., Mengel, H., Bangoura, B., Ocak, M., Dauschies, A. 2007. Control of coccidiosis due to *Eimeria bovis* and *Eimeria zuernii* in calves with toltrazuril under field conditions in comparison with diclazuril and untreated controls. *Parasitol. Res.* 101, 93-104.
- Mundt, H.C., Dittmar, K., Dauschies, A., Grzonka, E., Bangoura, B., 2009. Study of the comparative efficacy of toltrazuril and diclazuril against ovine coccidiosis in housed lambs. *Parasitol. Res.* 105, 141-150.
- Paolini, V., De La Farge, F., Prevot, F., Dorchies, P., Hoste, H., 2005. Effects of the repeated distribution of sainfoin hay on the resistance and the resilience of goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. *Vet. Parasitol.* 127, 277-283.
- Paul, S., Sharma, D.K., 2014. Amprolium resistant *Eimeria spp.* in goats. *Indian Vet. J.* 91, 89-90.
- Peek, H.W., Landman, W., 2005. Resistance to anticoccidial drugs of Dutch avian *Eimeria spp.* field isolates originating from 1996, 1999 and 2001. *Avian Pathol.* 32, 391-401.
- Philippe, P., Alzieu J.P., Taylor M.A., Dorchies P., 2014. Comparative efficacy of diclazuril (Vecoxan®) and toltrazuril (Baycox bovis®) against natural infections of *Eimeria bovis* and *Eimeria zuernii* in French calves. *Vet. Parasitol.* 206(3-4), 129-137.
- Platzer, B., Prosl, H., Cieslicki, M., Joachim, A., 2005. Epidemiology of *Eimeria* infections in an Austrian milking sheep flock and control with diclazuril. *Vet. Parasitol.* 129, 209-219.
- Reber, A.J., Donovan D.C., Gabbard, J., Galland, K., Aceves-Avila, M., Holbert, K.A., Marshall, L., Hurley, D.J., 2008. Transfer of maternal colostral leukocytes promotes development of the neonatal immune system. II. Effects on neonatal lymphocytes. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 123, 305-313.

- Reeg, K.J., Gauly, M., Bauer, C., Mertens, C., Erhardt, G., Zahner, H., 2005. Coccidial infections in housed lambs : oocyst excretion, antibody levels and genetic influences on the infection. *Vet. Parasitol.* 127, 209-219.
- Règlement Européen 470/2009 du Parlement européen et du Conseil du 6 mai 2009 établissant des procédures communautaires pour la fixation des limites de résidus des substances pharmacologiquement actives dans les aliments d'origine animale, abrogeant le règlement (CEE) n° 2377/90 du Conseil et modifiant la directive 2001/82/CE du Parlement européen et du Conseil et le règlement (CE) n° 726/2004 du Parlement européen et du Conseil. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/LSU/?uri=CELEX:32009R0470>. Consulté le 29/05/2020.
- Règlement Européen 37/2010 de la Commission du 22 décembre 2009 relatif aux substances pharmacologiquement actives et à leur classification en ce qui concerne les limites maximales de résidus dans les aliments d'origine animale. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2010R0037:20120409:FR:PDF>. Consulté le 29/05/2020
- Règlement Européen 2019/6 du Parlement Européen et du Conseil du 11 décembre 2018 relatif aux médicaments vétérinaires et abrogeant la directive 2001/82/CE. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex:32019R0006>. Consulté le 29/05/2020.
- Renou, C., 2012. Les particularités de l'élevage caprin : Guide à l'usage du vétérinaire rural non spécialisé. (Thèse de doctorat en Médecine Vétérinaire) Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon : Faculté de médecine et de pharmacie.
- Rostang, A., Prouillac, C., Berny, P., 2017. Pour une prescription adaptée en élevage caprin. Conference paper, [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/319482458_Pour_une_prescription_adaptee_en_elevage_caprin.
- Ruiz, A., Gonzalez, J.F., Rodriguez, E., Martin, B.S., Hernandez, Y.I., Almeida, R., Molina, J.M., 2006. Influence of climatic and management factors on *Eimeria* infections in goats from semi-arid zones. *J. Vet. Med.* 53, 399-402 (Serie B : Infectious Diseases and Veterinary Public Health).
- Ruiz, A., Guedes A.C., Munoz, M.C., Molina, J.M., Hermosilla, C., Martin, S., Hernandez, Y.I., Hernandez, A., Perez, D., Matos, L., Lopez, A.M., Taubert, A., 2012. Control strategies using diclazuril against coccidiosis in goat kids. *Parasitol. Res.* 110, 2131-2136.

- Ruiz, A., Munoz, M.C., Molina, J.M., Hermosilla, C., Andrada, M., Lara, P., Bordon, E., Pérez, D., Lopez A.M., Matos, L., Guedes, A.C., Falcon, S., Falcon, Y., Martin, S., Taubert, A., 2014. Immunization with *Eimeria ninakohlyakimovae* live attenuated oocysts goat kids from clinical coccidiosis. *Vet. Parasitol.* 199, 8-17.
- Short, C.R., Flory, W., Hsieh, L.C., Barker, S.A., 1988. The oxidative metabolism of fenbendazole : a comparative study. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 11 (1), 50-55.
- Smith, M.C., Sherman D.M., 1994. Lea and Febiger (Ed.), *Goat Medicine*, Philadelphia, PA.
- Smith, M.C., Sherman D.M., 2007. Digestive system. In : Ames, Blackwell Publishing (Eds.), *Goat medicine*, 2nd Edition, 620 pp.
- Soe, A.K., Pomroy, W.E., 1992. New species of *Eimeria* (Apicomplexa : *Eimeriidae*) from the domesticated goat *Capra hircus* in New Zealand. *Syst Parasitol.* 23. 195-202.
- Taubert, A., Hermosilla, C., Sühwold, A., Zahner, H., 2008. Antigen-induced cytokine production in lymphocytes of *Eimeria bovis* primary and challenge infected calves. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 126,309–320.
- Taylor, M.A., Andrews, A.H., Alzieu, J.P., Holzhauer, M., Kaske, M., Willemsen, M., 2010. Role of immunity in the management and control of bovine coccidiosis. *Vet. Rec.* 166, 831-832.
- Terrill., T.H., Rowan, A.M., Douglas, G.B., Barry, T.N., 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. *J. Sci. Food Agric.* 58, 321-329.
- Thienpont, D., Rochette, F., Van Parijs, O.F.J., 1979. *Diagnosing Helminthiasis by Coprological Examination*. Janssen Research Foundation, Beerse. 187 pp.
- Vanwarbeck, O., 2007-2008. *Caractérisation technico-économique des élevages de chèvres laitières en région wallonne (Travail de fin de bachelier en agronomie en option techniques et gestion agricoles)* Haute école de la Province de Liège : La Reid.
- Vieira, L.S., Lima, J.D., Rosa, J.S., 1997. Development of *Eimeria ninakohlyakimovae* in experimentally infected goats (*Capra hircus*). *J. Parasitol.* 83, 1015-1018.
- Waghorn, G.C., Jones, W.T., Shelton, I.D., Mac Nabb, W.C., 1990. Condensed tannins and the nutritive value of herbage. *Proc. NZ. Grass. Assoc.* 51, 171-175.
- Wang, C.C., 1976. Inhibition of respiration of *Eimeria tenella* by quinolone coccidiostats. *Biochem. Pharmacol.* 25, 343-349.
- Witcombe, D.M., Smith, N.C., 2014. Strategies for anti-coccidial prophylaxis. *Parasitology.* 141, 1379-1398.

- Wright, S.E., Coop, R.L., 2007. Cryptosporidiosis and coccidiosis. In : Blackwell Publishing (Ed.), Diseases of sheep, 4th Edition, Oxford, UK, 179–185 pp.
- Yang, T.J., Ayoub, I.A., Rewinski, M.J., 1997. Lactation stage-dependent changes of lymphocyte subpopulations in mammary secretions : inversion of CD4+/CD8+ T cell ratios at parturition. Am. J. Reprod. Immunol. 37, 378-383.
- Young, G., Alley, M., Foster, D., Smith, G.W., 2011. Efficacy of amprolium for the treatment of pathogenic *Eimeria* species in Boer goat kids. Vet. Parasitol. 178, 346-349.
- Yvoré, P., Esnault, A., Guillimin, P., 1981. La coccidiose du chevreau en élevage en chèvre-rie. Rev. Méd. Vét. 132, 205-208.
- Yvoré, P., Esnault, A., Naciri, M., 1985. La coccidiose caprine. Effets de contaminations mono ou multispécifiques. Rec. Méd. Vét. 161, 347–351.
- Yvoré, P., Esnault, A., Mage, C., Dobbels, M., Naciri, M., 1987. Intérêt et interprétation de la coproscopie dans la coccidiose des petits ruminants. Point Vét. 19, 43–48.