



Ecole d'Ingénieurs de PURPAN  
75, voie du TOEC  
31076 TOULOUSE CEDEX 3

FiBL institut de recherche de  
l'agriculture biologique  
Ackerstrasse 113, case postale  
CH-5070 FRICK



Syndicat Caprin 26  
La Chauméane  
26400 DIVAJEU



# L'efficacité de l'aromathérapie en élevage caprin pour lutter contre le parasitisme interne

**Amélie LÈBRE**

**Mémoire d'Ingénieur**

**94<sup>ème</sup> Promotion**

**Mai 2015**



Ecole d'Ingénieurs de PURPAN  
75, voie du TOEC  
31076 TOULOUSE CEDEX 3

FiBL institut de recherche de  
l'agriculture biologique  
Ackerstrasse 113, case postale  
CH-5070 FRICK



Syndicat Caprin 26  
La Chauméane  
26400 DIVAJEU



Amélie LÈBRE

**Enseignant tuteur : Christine CLAUDON**

**Maître de stage : Félix HECKENDORN**

**Mémoire d'Ingénieur**

**94<sup>ème</sup> Promotion**

**Mai 2015**

## Résumé

Le parasitisme interne est une maladie infectieuse qui impacte la productivité des animaux et dégrade leur état sanitaire. Ces dernières décennies, de nombreux cas de résistance des strongles aux anthelminthiques conventionnels ont été observés, notamment chez les petits ruminants. Ce phénomène est devenu une préoccupation majeure des éleveurs qui doivent se tourner vers des méthodes de lutte alternatives. Dans le Sud de la France, où la production de plantes médicinales est importante, des traitements aux huiles essentielles et aux teintures mères sont utilisés traditionnellement par les éleveurs caprins pour lutter contre le parasitisme. Cependant, l'utilisation traditionnelle de ces extraits n'a encore jamais fait l'objet d'une validation scientifique. Face à ce contexte, le FiBL et le Syndicat Caprin de la Drôme ont travaillé sur la mise en place d'une série d'essais auprès de cinq éleveurs caprins. Au sein de chaque élevage, des lots d'animaux, traités et témoins, ont été formés à l'aide d'un échantillonnage aléatoire stratifié. Une « dose simple » et une « double dose » ont été testées sur les populations naturelles de nématodes. Le suivi coprologique, réalisé via la méthode McMaster, a été effectué le jour des traitements, une semaine et deux semaines après. Les résultats du traitement simple dose ne permettent pas de conclure définitivement, bien qu'aucune réduction du niveau d'infestation n'ait été décelée. Concernant le traitement double dose, les analyses statistiques ont révélé que l'excrétion des œufs de strongles ne présentait pas de réduction significative. Par conséquent, il semblerait que les traitements en aromathérapie utilisés actuellement sur le territoire ne présentent pas une efficacité suffisante pour lutter contre le parasitisme. Il est toutefois important de souligner que des recherches complémentaires sont à effectuer, tant au niveau des huiles essentielles elles-mêmes que de leur devenir dans l'organisme des animaux.

**Mots clés** : strongles gastro-intestinaux, aromathérapie, résistance, élevage caprin, anthelminthique.

## Abstract

Internal parasitism is an infectious disease which impacts on the productivity of animals and degrades their health. In recent decades, many cases of anthelmintic resistance were observed, particularly in small ruminants. This phenomenon has become a major concern for farmers and the search for alternative control methods is of high importance. In the South of France, where the production of medicinal plants is an important line of agriculture, treatments with essential oils (EOs) and mother tinctures are traditionally used by goat farmers to fight parasitism. However, the EOs used for these treatments have never been scientifically proven. Therefore, FiBL and the caprine association of the Drôme area performed a series of on farm trials on five goat farms. Within each goat herd, two groups of animals were formed (treatment and control) on the basis of a stratified random sample. Experimental animals carried natural nematode populations and were subjected to a "single dose" and a "double dose" EO treatment. Faecal egg counts were monitored via the McMaster method on the day of treatment and one and two weeks thereafter. The results of both, the single and double dose treatment did not result in a reduction of faecal egg counts in the treated animals. The results of our study therefore suggest that the aromatherapy treatments currently used in the field are not of use to control nematode parasitism in goats. It is important, however, to underline that further research is needed, on the chemical structure of EOs, the interaction between different EOs and their metabolic fate, particularly in ruminants.

**Keywords** : gastrointestinal nematodes, aromatherapy, resistance, goat farming, anthelmintic.

## Remerciements

Avant tout commencement, je tiens à remercier sincèrement mon maître de stage, Félix HECKENDORN, pour sa disponibilité et son encadrement.

Par la même occasion, je remercie vivement l'équipe du Syndicat Caprin de la Drôme, Elina HARINCK et Valérie BEROULLE, qui m'ont suivi tout au long de mon stage et avec qui j'ai passé de très bons moments.

J'aimerais également remercier Michel BOUY, le vétérinaire impliqué dans le projet, pour toute l'attention qu'il a porté aux essais et aux suivis. Merci d'être ouvert et toujours prêt à échanger.

J'ai également une grosse pensée pour Inès et Daniel, Franz et Emilie, Marie-Paule et ses filles, Olivier mais aussi Julie, mes éleveurs drômois préférés qui ne se sont jamais lassés de me voir arriver avec mes bottes en plastique et mes gants en latex. Un GROS merci pour vous être investis dans cette étude dans la bonne humeur. Je n'oublie pas non plus mes 260 copines à quatre pattes à qui j'exprime ma plus profonde gratitude pour avoir si gentiment coopérées lors des traitements aux huiles essentielles, pas si appétissants que ça...

Bien que je n'aie pas eu l'occasion de la voir souvent, je remercie vivement l'équipe du laboratoire du FiBL en Suisse pour avoir participé à l'identification laborieuse d'*Haemonchus* et pour avoir pris du temps à me former à l'analyse des strongles.

Mes remerciements vont également à Christine CLAUDON, ma tutrice à l'école de PURPAN, qui m'a consacré de son temps. Je la remercie pour son soutien et ses nombreuses relectures.

Enfin, comment pourrais-je terminer mes remerciements sans nommer mes chers parents. Papa, Maman, merci, merci, merci, de votre soutien inconditionnel et de toute votre affection.

# Sommaire

## ***Introduction***

### **Partie 1 : contexte**

- I. Le parasitisme par les strongles gastro-intestinaux
- II. L'utilisation de l'aromathérapie en élevage
- III. Une collaboration scientifique et syndicale

### **Partie 2 : matériels et méthodes**

- I. Présentation des élevages
- II. La méthode de prélèvement et les analyses coprologiques
- III. L'approche curative
- IV. L'approche préventive
- V. Les tests inhibiteurs
- VI. Evaluation qualitative du caractère fromageable du lait
- VII. Le traitement statistique des données

### **Partie 3 : résultats et discussions**

- I. L'efficacité des traitements
- II. L'effet de la production laitière sur l'efficacité des traitements
- III. Les tests menés en parallèle

### **Partie 4 : pistes d'amélioration**

- I. Des expériences en amont des applications terrain
- II. Une méthodologie ajustée
- III. L'huile essentielle en capsule, une piste intéressante
- IV. Hiérarchisation des propositions
- V. Continuités du projet pour 2015

## ***Conclusion***

## Sigles et abréviations

**AB** : Agriculture Biologique

**AHs** : AntHelminthiques

**AMM** : Autorisation de Mise sur le Marché

**BZs** : BenZimidazoles.

**CASDAR** : Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural

**CBIP** : Centre Belge d'Information Pharmacothérapeutique

**CIVAM** : Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural

**CPG** : Chromatographie en Phase Gazeuse

**DL 50** : Dose Létale 50

**ENVT** : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

**FAO** : Food and Agriculture Organization of the United Nations

**FECRT** : Faecal Egg Count Reduction Test

**FiBL** : Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (institut de recherche de l'agriculture biologique Suisse)

**HE** : Huile Essentielle

**Ir** : Indice de rétention

**LMS** : Lactones Macrocycliques

**MF** : Matière Fraîche

**MS** : Matière Sèche

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**OpG** : Œuf par Gramme de fèces

**PIDA** : Programme Intégré de Développement Agricole

**PPAM** : Plante à Parfum Aromatique et Médicinale

**PPP** : Période Pré-Patente

**PV** : Poids Vif

**SGI** : Strongles Gastro-Intestinaux

**SM** : Spectrométrie de Masse

**TM** : Teinture Mère

**UTH** : Unité de Travail Humain

**WAAVP** : World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology

# Introduction

En 2014, le cheptel caprin français comptait près de 1,3 million d'animaux (SEDILLOT, 2015) ce qui en fait un secteur de poids dans l'économie agricole malgré une diminution constante ces dernières années. Actuellement, la majorité de la production se concentre sur quelques régions, à savoir Poitou-Charentes, Centre, Pays de la Loire, Rhône-Alpes et Midi-Pyrénées. En Rhône-Alpes, 970 exploitations sont spécialisées dans l'élevage caprin, la Drôme et l'Ardèche regroupant chacun près d'un quart du cheptel régional (PELURSON, 2012a).

De façon générale, l'élevage est confronté à une multitude de pathologies parmi lesquelles le parasitisme occupe une place importante. En effet, les infestations parasitaires ont des conséquences sur tout le troupeau et sont omniprésentes chez les ruminants (PAUTRIC-THOMAS, 2003), notamment dans les systèmes où le pâturage est privilégié. Parmi les responsables de ces pathologies, les parasites du tube digestif, et en particulier les Strongles Gastro-Intestinaux (SGI), sont les plus représentés. Les conséquences de cette infestation se traduisent généralement par des diarrhées, des baisses de production, des retards de croissance, de l'amaigrissement, voire de l'anémie chez l'animal (TABEL *et al.*, 2009). Depuis de nombreuses années, des anthelminthiques chimiques ont été découverts pour le traitement de ces infestations. Comme le souligne CABARET (2012), la gestion du parasitisme par les strongles chez les ruminants repose essentiellement sur l'utilisation de ces molécules anthelminthiques qui représentent de 35 à 65 % des dépenses de médicaments destinés aux animaux d'élevage (GROSMOND, 2012). Depuis le début des années 60, des résistances des vers aux molécules antiparasitaires ont toutefois été observées. Ces résistances sont devenues une préoccupation majeure dans de nombreuses régions du monde (PAUTRIC-THOMAS, 2003).

En Rhône-Alpes et particulièrement en Drôme, un nombre important d'éleveurs utilisent traditionnellement des formules à base de plantes pour contrôler les SGI. Ces mélanges sont issus d'une approche empirique et n'ont encore jamais fait l'objet d'une validation scientifique. Face à ce contexte et pour répondre à une préoccupation grandissante des éleveurs, le Syndicat Caprin de la Drôme et le FiBL, institut de recherche spécialisé en Agriculture Biologique (AB), se sont associés en 2014 pour mettre en place et suivre des essais menés au sein de cinq élevages caprins du département. L'étude a donc pour objectif principal de tester l'efficacité des traitements habituellement utilisés par les éleveurs en adoptant une approche scientifique. Pour ce faire, il est important dans un premier temps de replacer l'étude dans son contexte et de présenter de façon globale le parasitisme interne pour mieux comprendre les enjeux de cette étude. Suite à cela, le protocole expérimental utilisé pour les essais curatifs et préventifs sera présenté en rappelant que les mélanges sont issus de la pratique des éleveurs et s'inscrivent dans un cadre encore peu documenté. Enfin, l'analyse des résultats sera abordée et fera l'objet d'une dernière partie consacrée aux perspectives d'amélioration de cette étude.

# Partie 1 : contexte

## I. Le parasitisme par les Strongles Gastro-Intestinaux (SGI)

### 1. Présentation des SGI

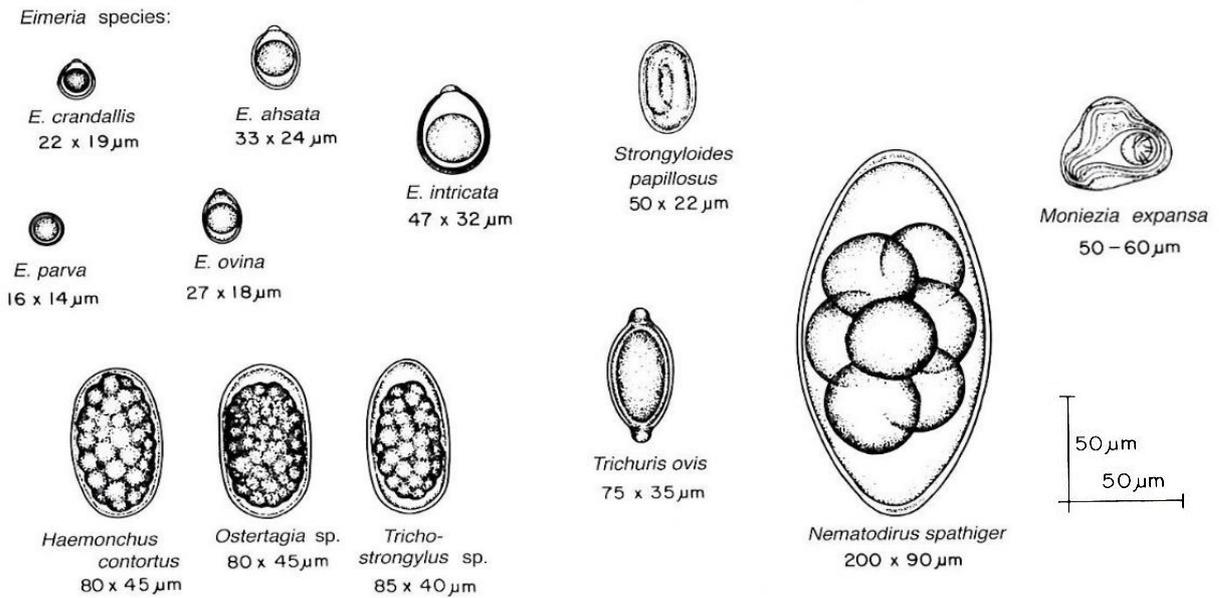
#### 1.1. La classification taxonomique

Parmi les Helminthes, deux catégories d'animaux sont représentées, à savoir, les Plathelminthes (vers plats) et les Némathelminthes (vers ronds). Le groupe des Plathelminthes comprend quatre classes d'animaux, de milieux très variés : les turbellariés, les monogènes qui sont des parasites d'organismes aquatiques, les trématodes qui s'apparentent aux douves et les cestodes (ténia). Les Némathelminthes sont constitués de la classe des nématodes et des gordiens. Les nématodes, désignés sous le terme de Strongles Gastro-Intestinaux (SGI), constituent une des principales menaces rencontrées chez les ruminants au pâturage. En effet, leur large distribution géographique et leur caractère pathogène engendrent des pertes économiques importantes sur les troupeaux (HOSTE *et al.*, 2003). Deux classes principales de nématodes sont reconnues : les Secernentea et les Adenophorea. La majorité des parasites des vertébrés terrestres se trouve dans la classe des Secernentea qui regroupe cinq ordres : Ascaridida, Oxyurida, Rhabditida, Spirurida et Strongylida. Ce dernier ordre inclut la plupart des espèces de nématodes à l'origine des infestations gastro-intestinales des ruminants (SUTHERLAND et SCOTT, 2010). Ces nématodes se présentent sous la forme de vers ronds, pseudo-coelomates, à corps non segmenté et à tube digestif complet. Depuis près de 500 millions d'années, les nématodes se sont adaptés à différents milieux (MATEILLE et TAVOILLOT, 2010) :

- parasites libres vivant dans le sol, les eaux douces ou eaux de mer parasites des plantes ;
- parasites des humains et des animaux.

#### 1.2. Les principales espèces de SGI

L'helminthofaune des caprins est très proche de celle des ovins et la majorité des parasites se retrouve indifféremment dans l'une ou l'autre espèce (Figure 1). Les œufs de strongles sont généralement ellipsoïdaux et mesurent entre 40 et 200  $\mu\text{m}$  (FOURCADE, 2012).



**Figure 1** : principaux œufs de parasites et oocystes présents chez le mouton

**Source** : FOREYT, 2001

### 1.2.1. *Haemonchus contortus*

*Haemonchus contortus* est un parasite de la caillette des petits ruminants (ovins et caprins) localisé dans la plupart des régions du monde (SOULSBY, 1983). Il s'agit d'un vers hématophage très pathogène, responsable de pertes de production importantes dans les élevages mais également de mortalité par anémie (Figure 3). Dans les zones tropicales, 45 % de la mortalité des jeunes agneaux est attribuable à ce parasite (VLASSOFF et MC KENNA, 1994). *Haemonchus* étant un vers anémiant, sa présence dans les élevages peut se « mesurer » grâce à la carte FAMACHA. Il suffit de regarder la paupière éversée de l'animal et d'observer la couleur du fond (rouge, rose, blanc) puis de comparer celle-ci avec une série de photos qui établissent le degré d'anémie (Figure 2) (POYADE, 2010).



**Figure 3** : vers *Haemonchus* dans la caillette



**Figure 2** : application de FAMACHA chez la brebis

### **1.2.2. *Teladorsagia circumcincta***

L'espèce *T. circumcincta* est un parasite de la caillette, également appelé « vers brun de l'estomac ». Ces parasites envahissent la muqueuse et font gonfler et rougir les plis de la caillette, laissant ainsi des cicatrices sur la paroi abomasale. Sur le plan économique, *T. circumcincta* est considérée comme l'espèce la plus problématique dans les régions tempérées (GOSSNER *et al.*, 2012) avec *H. contortus*. Les larves adultes se collent à la muqueuse de la caillette près des sécrétions de mucus. Il s'agit en effet d'un nématode histophage qui peut également être à l'origine de faibles spoliations sanguines.

### **1.2.3. *Trichostrongylus axei***

*T. axei* se développe dans la caillette des chèvres, des ovins et des bovins. Il s'agit du plus petit des nématodes de la caillette et aussi le moins pathogène comparativement aux autres (*Haemonchus*, *Teladorsagia*). Cette espèce a la capacité de creuser entre les cellules épithéliales, occupant ainsi une niche légèrement différente de celle des autres espèces de vers de la caillette (SUTHERLAND et SCOTT, 2010).

### **1.2.4. *Trichostrongylus colubriformis***

Cette espèce de strongle est localisée dans la partie supérieure de l'intestin grêle des animaux (MENZIES *et al.*, 2010). Tout comme *H. contortus*, sa distribution géographique est mondiale. Les vers adultes atteignent généralement une longueur inférieure à 7 mm avec un faible diamètre. Les larves se logent dans des tunnels créés entre les cellules épithéliales et s'accrochent à la muqueuse par des crêtes cuticulaires. Ces parasites ont un régime alimentaire de type chymivore et sont ainsi dépourvus de capsule buccale (LACROUX, 2006).

### **1.2.5. *Moniezia expansa***

Il existe deux espèces pathogènes concernant le genre *Moniezia* chez les ruminants, à savoir *Moniezia benedeni* chez les bovins et *Moniezia expansa* chez les petits ruminants. Cette dernière se localise dans l'intestin grêle des animaux et mesure environ de 3 à 5 cm de long sur 1 à 2 cm de largeur. Le parasite s'implante dans la muqueuse de l'intestin par la fixation du scolex (tête du *Moniezia*) pourvue de ventouses. L'extension en longueur du parasite entraîne un encombrement du tube digestif qui provoque des irritations de la muqueuse. *M. expansa* est constituée d'anneaux dont les plus anciens contiennent des œufs qui sont rejetés dans les crottes (MAGE, 2008).

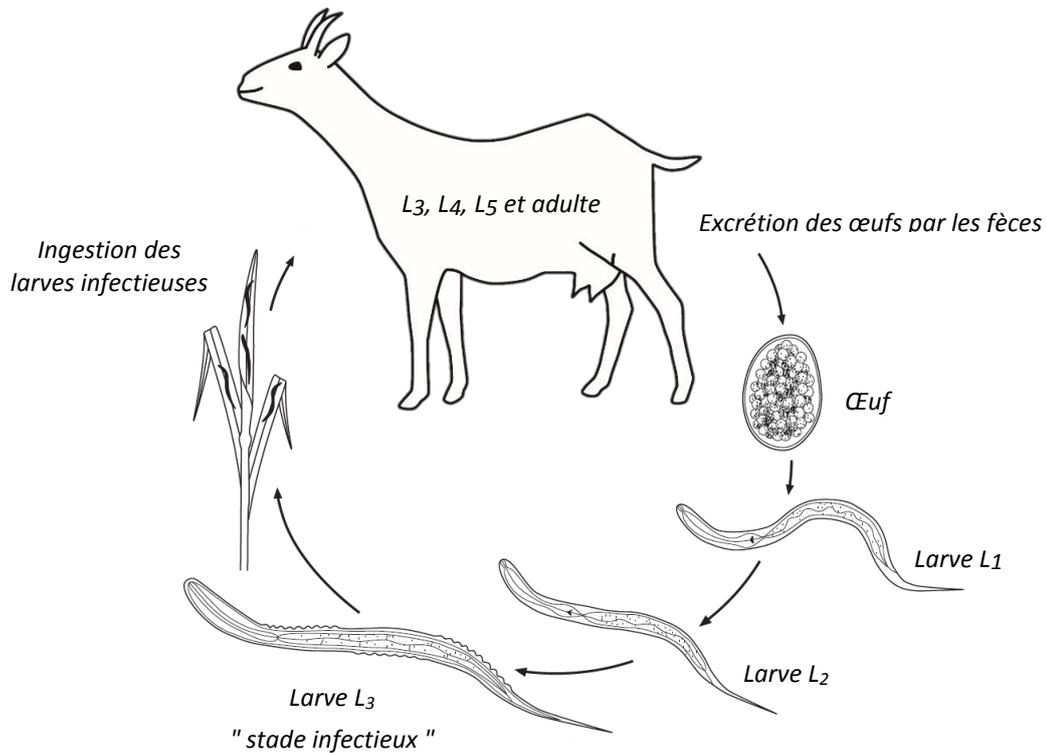
### **1.2.6. *Nematodirus spp***

Les espèces du genre *Nematodirus* sont localisées dans l'intestin grêle et donnent des vers relativement minces. *N. filicollis* et *N. spathiger* sont les deux espèces retrouvées majoritairement dans les élevages de petits ruminants (SUTHERLAND et SCOTT, 2010). L'œuf de *Nematodirus* est facilement différentiable des autres œufs de trichostrongles en raison de sa taille importante (longueur  $\pm$  164  $\mu$ m ; largeur  $\pm$  72  $\mu$ m). Le développement de ces parasites reste particulier dans la mesure où les passages aux différents stades larvaires se déroulent à l'intérieur de la coque de l'œuf (BUSSIERAS et CHERMETTE, 1995).

### 1.3. Le cycle de vie des strongles

Le cycle de vie des strongles gastro-intestinaux ne nécessite aucun hôte intermédiaire et se construit en deux phases successives (Figure 4) :

- une phase externe qui se déroule dans le milieu extérieur et qui correspond au développement de l'œuf jusqu'à la larve L<sub>3</sub> (stade infestant) ;
- une phase interne dans l'hôte qui permet l'obtention des vers adultes.



**Figure 4** : cycle de vie des strongles gastro-intestinaux

**Source** : d'après HECKENDORN et FRUTSCHI MASCHER (2014)

#### 1.3.1. Une phase externe

Les œufs sont expulsés dans les excréments et contaminent la pâture. Quelle que soit l'espèce considérée, le développement des œufs en vers adultes dépend des conditions d'oxygénation, de température et d'humidité. Les températures très basses tuent les œufs tandis que les températures basses (inférieures à 7,5 °C) inhibent momentanément leur éclosion qui se déroule généralement entre 18 et 25 °C. En ce qui concerne l'humidité, elle doit avoisiner 85 à 90 degrés d'hygrométrie ce qui est fréquemment le cas au printemps et à l'automne. Enfin, l'oxygénation doit être suffisante pour permettre le déroulement des processus métaboliques.

Lorsque ces conditions sont réunies, les larves éclosent et donnent successivement des larves L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> et L<sub>3</sub> en deux semaines environ. Ces larves de troisième stade sont les seules dotées d'un pouvoir infestant (DROGOUL et GERMAIN, 1999) et sont capables de persister dans le milieu pendant plusieurs mois (LEFRILEUX, 2015). Elles restent généralement à l'abri dans les crottes en attendant les conditions favorables pour migrer en haut des herbes,

facilitant ainsi leur ingestion par l'hôte. La capacité de migration des larves est toutefois réduite et leur déplacement en haut des herbes est fortement lié à l'action de la pluie ou de mouvements mécaniques comme le piétinement des animaux.

### **1.3.2. Une phase interne**

Lorsque les larves L<sub>3</sub> sont ingérées par les animaux, elles sont capables de se transformer en ver adulte après avoir subi deux autres mues (L<sub>4</sub> et L<sub>5</sub>). La larve L<sub>3</sub> met environ trois semaines pour devenir un ver adulte et pondre (DROGOUL et GERMAIN, 1999). Ce délai entre l'ingestion des premières larves infestantes et l'excrétion des œufs dans les fèces est appelé la Période Pré-Patente (PPP). Cette période est généralement comprise entre deux et quatre semaines après infection mais reste relativement variable d'un parasite à l'autre (SUTHERLAND et SCOTT, 2010). Plus cette PPP est courte, plus la contamination du milieu extérieur est rapide. Certaines espèces comme *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* ou encore *Trichostrongylus axei*, survivent également l'hiver car elles ont la capacité de stopper leur développement en se mettant en hypobiose (ROZETTE, 2009).

### **1.4. Conséquences de l'infestation**

Les pertes induites sont liées au pouvoir pathogène des parasites et s'exercent à plusieurs niveaux (CHARTIER, 2009) :

- impact sur l'ingestion volontaire (la réduction d'ingéré peut atteindre 20 %) ;
- impact sur l'utilisation digestive (activité enzymatique, absorption, motricité digestive) ;
- impact sur la métabolisation (pertes protéiques essentiellement).

Les infestations parasitaires sont également à l'origine de retard de croissance chez les chevrettes et de baisses de production importantes chez les multipares pouvant aller jusqu'à 25 % avec une possible diminution du taux butyreux (CHARTIER, 2009). Ces pertes ont tendance à s'installer sur la durée puisque les infestations parasitaires évoluent généralement sur un mode chronique (CHAUVIN, 2009).

En comparaison avec les bovins ou les ovins, les chèvres présentent une faible réponse immunitaire face aux strongles (LEGARTO et LECLERC, 2007). Par ailleurs, il est important de souligner que tous les animaux ne sont pas égaux face au parasitisme. En effet, une étude de HOSTE *et al.* (1999) a mis en évidence le rôle contaminateur souligné des jeunes chèvres (primipares) et des fortes productrices laitières. Ces deux catégories d'animaux, qui représentent moins de 40 % de l'effectif du troupeau, contribuent pour 42 à 80 % à l'excrétion totale d'œufs selon le mois de l'année.

## **2. Les anthelminthiques**

### **2.1. Définition**

Les anthelminthiques (AHs) sont des médicaments vermifuges utilisés pour lutter contre les infestations parasitaires ou pour empêcher l'installation des larves L<sub>3</sub> ingérées par les animaux (SUTHERLAND et SCOTT, 2010). Les premières molécules anthelminthiques de synthèse sont apparues à la fin des années 50 (WALLER, 2006). Depuis, le contrôle des strongles gastro-intestinaux repose sur l'emploi répété de ces vermifuges qui sont administrés dans un but curatif ou préventif. Les anthelminthiques sont regroupés en différentes familles en fonction de leur mode d'action. Ces antiparasitaires de synthèse sont considérés comme des médicaments et disposent donc d'une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) (Annexe 2) (POYADE, 2010).

## **2.2. Les différentes familles**

### **2.2.1. Les Benzimidazoles**

Les premiers Benzimidazoles (BZs) ont été mis sur le marché en 1961 et aujourd'hui, ils apparaissent comme étant les anthelminthiques les plus largement utilisés et disponibles (KÖHLER, 2001). Ces molécules agissent en bloquant certaines réactions enzymatiques du métabolisme anaérobie des parasites, les privant ainsi de leurs ressources énergétiques (HAFSI *et al.*, 2012), mais également en inhibant la formation des microtubules des vers sans altérer ceux de l'hôte. En effet, les BZs sont surtout des antimitotiques qui détériorent la polymérisation de la tubuline<sup>1</sup>, entraînant ainsi la déstructuration du réseau (ZOUITEN, 2006). Il en résulte une altération dans la formation des microtubules et par conséquent une impossibilité d'interagir dans les nombreuses fonctions cellulaires dont ils sont responsables. Le métabolisme énergétique des vers et le processus d'embryogénèse sont alors interrompus et conduisent à la mort du parasite.

### **2.2.2. Les Imidazothiazoles**

Dans la famille des Imidazothiazoles, le lévamisole représente la molécule la plus largement utilisée en élevage (FAUVIN, 2011). Cette classe d'anthelminthique agit comme agoniste sur les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine des cellules musculaires des nématodes. En se fixant sur ces récepteurs, les Imidazothiazoles entraînent une paralysie musculaire et nerveuse du parasite (MARTIN, 1997) puis sa mort.

### **2.2.3. Les Lactones Macrocycliques**

Dans les années 90, les Lactones Macrocycliques (LMs) sont apparues (FAO, 2004), représentant ainsi une troisième famille d'anthelminthique à large spectre. Leur mode d'action est principalement orienté sur le système nerveux des vers. Les LMs sont des agonistes du récepteur du glutamate. La liaison des LMs à ces récepteurs conduit à une ouverture du canal qui se traduit par un afflux d'ions chlorure dans la cellule. Cet afflux provoque une hyperpolarisation des cellules neuronales ou musculaires (HAFSI *et al.*, 2012). Trois principaux effets peuvent ainsi être observés :

- paralysie des mouvements ;
- paralysie de la pompe du pharynx ;
- inhibition de la ponte.

Les LMs engendrent ainsi une paralysie flasque du parasite (KÖHLER, 2001). Par conséquent, les nématodes sont incapables de se déplacer, se nourrir ou se reproduire. Ils finissent par mourir et par être éliminés de l'animal hôte.

## **3. La résistance des vers aux anthelminthiques**

### **3.1. Définition de la résistance**

Selon l'OMS, « *une population chimiorésistante est une population de parasites ayant génétiquement acquis la capacité de résister à des concentrations d'antiparasitaires habituellement létales pour des individus de cette espèce* ». Ce phénomène est lié à la

---

<sup>1</sup> protéine structurale qui une fois polymérisée constitue les microtubules.

sélection de gènes résistants, présents à l'origine dans la population avec une fréquence initiale très faible (BEUGNET, 2006).

### **3.2. Les facteurs à l'origine de la résistance**

Selon BEUGNET et KERBOEUF (1997), tous les facteurs conduisant à une augmentation de la pression de sélection sur la population parasitaire sont susceptibles d'engendrer une résistance.

#### ***3.2.1. La fréquence d'utilisation***

A l'état naturel, il existe des gènes de résistance présents sous forme d'allèles rares dans les populations de vers. Les vers qui sont porteurs de ces allèles de résistance sont sélectionnés suite à l'utilisation répétée des anthelminthiques. Plus la pression de sélection est importante, plus les individus résistants vont être à la base de la génération suivante. BOUDSOCQ-SILVESTRE (2000) a ainsi démontré qu'une fréquence de huit traitements anthelminthiques par an pendant cinq ans faisait passer l'efficacité du traitement de 100 % à 70-80 % vis-à-vis de deux populations initialement sensibles d'*Haemonchus contortus* et de *Trychostrongylus colubriformis*.

#### ***3.2.2. Le sous dosage et le surdosage***

L'administration d'un anthelminthique à des doses sub-thérapeutiques tend à accélérer le phénomène de résistance. En effet, seuls les individus les plus sensibles (homozygotes SS) de la population parasitaire sont atteints ; les individus résistants (hétérozygotes RS ou homozygotes RR) survivent et sont à l'origine des générations chimio-résistantes suivantes (BERRAG, 2008).

Les causes de ce sous dosage sont multiples et peuvent avoir comme origine une mauvaise indication du poids de l'animal, une erreur technique au moment de l'administration (ZOUITEN, 2006) ou encore une extrapolation erronée d'une espèce à l'autre ; tel est le cas des caprins. En effet, durant de nombreuses années, les caprins ont été systématiquement sous-dosés car les anthelminthiques utilisés étaient administrés selon les posologies ovines qui sont moins dosées (BOUDSOCQ-SILVESTRE, 2000). A l'opposé, le surdosage favorise l'émergence d'individus extrêmement résistants (BERRAG, 2008) étant donné que seuls les homozygotes résistants (RR) sont capables de survivre et de participer à la génération suivante.

#### ***3.2.3. Utilisation de la même molécule chimique***

L'usage trop fréquent et répété d'anthelminthiques de la même classe sur une durée prolongée accentue les risques de résistance des parasites. A long terme, l'alternance des familles chimiques peut toutefois être à l'origine d'une résistance multiple (CBIP, 2006).

### **3.3. Un problème à l'échelle mondiale**

Depuis le début des années 1980, des résistances ont été détectées chez les parasites gastro-intestinaux des moutons et des chèvres à travers le monde (FAO, 2004). La majorité des cas se concentre toutefois en Afrique du Sud, en Australie, en Nouvelle-Zélande et plus récemment en Amérique Latine (Brésil et Argentine). En Europe, la résistance aux Benzimidazoles est très largement présente chez les petits ruminants (CABARET *et al.*, 2009).

Aux Etats-Unis, le premier cas de résistance a été démontré au Texas sur des chèvres Angora, puis en Pennsylvanie. En Louisiane et en Floride, la prévalence de la résistance à tous les anthelminthiques est si forte que l'élevage de petits ruminants est devenu très difficile à gérer, à cause d'une incapacité à contrôler *Haemonchus contortus*. Dans les années 2000,

des résistances à l'Ivermectine, au Lévamisole et plus largement aux Benzimidazoles, ont été détectées spécialement chez *Haemonchus contortus* dans des élevages de chèvres en Virginie (ZAJAC et GIPSON, 2000).

L'Amérique du Sud a également connu une émergence rapide et forte de résistances aux anthelminthiques. La situation est critique au Paraguay et en Uruguay où les Benzimidazoles et les Lévamisoles sont devenus inefficaces. En 2000, des souches résistantes d'*Haemonchus contortus* ont été retrouvées dans près de 70 % des élevages ovins traités aux Benzimidazoles (JACKSON et COOP, 2000). Plusieurs études ont également mis en évidence une apparition inévitable de résistance à l'Ivermectine.

Sur le continent africain, de nombreux pays ont déjà répertoriés des cas de résistance aux trois principales familles d'anthelminthiques, spécialement avec *Haemonchus contortus*. En Afrique du Sud, près de 90 % des élevages de petits ruminants présentaient des souches résistantes d'*Haemonchus contortus* en 1998. Ce constat laisse peu d'espoir aux éleveurs qui doivent faire face à d'importants problèmes économiques. En Afrique occidentale, notamment en Gambie et au Sénégal, des cas de résistance aux Benzimidazoles ont également été découverts en 1998 dans des troupeaux de petits ruminants (BA et GEERTS, 1998). De la même manière, au Congo, des signes de résistance aux Benzimidazoles ont récemment été suspectés dans des élevages caprins (OKOMBE et PONGOMBO, 2013.).

En Australie, la résistance aux anthelminthiques est considérée comme le principal écueil médical et économique pour l'élevage ovin qui est le plus important au monde. Selon BEUGNET et KERBOEUF (1997), le parasitisme est la principale cause de pertes économiques dans ce pays. En moyenne, 80 % des troupeaux d'ovins présentaient des résistances multiples (Benzimidazoles et Lévamisole) en 1997. De plus, des cas de populations d'*H. contortus* et *T. colubriformis* résistantes aux lactones macrocycliques ont commencé à apparaître. Après des essais de restructuration de l'élevage, certains ont été contraints d'abandonner l'élevage ovin. En Nouvelle-Zélande, à la même époque, la situation était assez proche de celle de l'Australie.

En Europe, le développement des résistances est un phénomène croissant, excepté au Portugal et en Grèce, où un très faible usage des anthelminthiques et une pratique extensive de l'élevage semblent, pour l'instant, éviter ce problème. Le groupe de molécules le plus concerné est celui des Benzimidazoles, mais des cas de résistance à l'Ivermectine dans des troupeaux de petits ruminants sont rapportés en Ecosse et au Danemark depuis 1992. La prévalence des résistances aux Benzimidazoles s'est distribuée largement en Europe centrale et en Europe de l'Ouest (JACKSON et COOP, 2000), et le phénomène s'est amplifié. Dans les années 2000, en Angleterre, 44 % des élevages ovins du sud-ouest présentaient une résistance aux Benzimidazoles qui concernait *T. circumcincta* et plus occasionnellement *H. contortus*. La prévalence de la résistance était plus importante dans le Sud de l'Angleterre, la gestion des pâturages et la topographie dans le Nord favorisant les pratiques plus extensives (JACKSON et COOP, 2000).

En France, initialement, les résistances ont été décelées vis-à-vis des Benzimidazoles qui représentent une des familles d'AHs à large spectre les plus importantes. Des enquêtes réalisées dans les élevages caprins français depuis les années 80 ont montré une très forte prévalence de la résistance des nématodes digestifs aux Benzimidazoles (de 50 à parfois 100 % des fermes). Plus récemment, des résistances ont été détectées pour toutes les familles de molécules disponibles (KAPLAN, 2004). De plus, des cas de « multirésistances » ont été signalés ce qui signifie que les populations de vers ne sont plus sensibles à aucune molécule commercialisée. Outre ce problème de résistance, un risque environnemental est également avéré. Souvent négligé, l'impact de certains résidus d'anthelminthiques sur la microfaune et notamment sur la microfaune prairiale a été reconnu (CHAUVIN, 2009).

### **3.4. Suivi de l'efficacité des traitements : la méthode FECRT**

Le test de réduction de l'excrétion fécale (FECRT) est une méthode qui permet de surveiller l'efficacité anthelminthique contre les nématodes gastro-intestinaux chez les animaux (LEVECKE *et al.*, 2012). Pour réaliser ce test, des analyses coprologiques quantitatives doivent ainsi être effectuées avant et après le traitement chimique. Le nombre de jours varie en fonction de la classe chimique de l'anthelminthique utilisé :

- de 3 à 7 jours après traitement au lévamisole ;
- de 10 à 14 jours après traitement avec un benzimidazole ;
- de 14 à 17 jours après un traitement avec les lactones macrocycliques.

Plusieurs formules permettent de calculer la réduction du nombre d'œufs de strongles qui s'exprime en Œufs par Gramme de fèces (OpG). Celle reconnue par la World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) reste la suivante (COLES *et al.*, 1992) :

$$FECR (\%) = \left[ 1 - \frac{OpG\ 1 - OpG\ 2}{OpG\ 1} \right] \times 100$$

**OpG 1** : nombre moyen d'OpG provenant des animaux avant traitement chimique.

**OpG 2** : nombre moyen d'OpG provenant des animaux après traitement chimique.

## **4. Les solutions alternatives aux anthelminthiques**

### **4.1. La gestion du pâturage**

En élevage biologique, la gestion du pâturage est un des leviers d'actions les plus importants et les plus utilisés, notamment chez les ovins.

#### **4.1.1. Pâturage mixte**

L'association d'hôtes différents, notamment entre bovins et ovins/caprins constitue un moyen intéressant pour réduire les infestations parasitaires. L'assainissement des pâtures entre hôtes différents repose sur la notion de spécificité relativement étroite des parasites pour un hôte donné.

L'ingestion par un bovin d'une larve infestante d'un strongle de mouton ou de chèvre aboutit généralement à une absence d'installation et donc à la mort de la larve. Ainsi, les bovins contribuent au « nettoyage » des parcelles pour les ovins/caprins et réciproquement. Néanmoins, bien que certaines espèces de strongles soient inféodées à une espèce d'hôte en particulier, il existe des espèces comme *Trichostrongylus axei* qui sont ubiquistes. Il est également important de rappeler que les moutons et les chèvres partagent de nombreuses espèces de strongles digestifs ce qui rend inutile la pratique du pâturage mixte pour ces espèces (HOSTE *et al.*, 2003).

D'un point de vue pratique, cette méthode de pâturage en commun peut s'appliquer selon deux modalités : pâturage alterné ou pâturage simultané. Dans le cas du pâturage alterné, des essais ont mis en évidence que plus le temps de pâture des bovins est long et plus la décontamination est efficace. Les aspects bénéfiques du pâturage alterné ont également été observés dans le cas du pâturage simultané. La proportion entre le nombre de bovins et de petits ruminants reste un des facteurs principaux du succès de cette approche. Dans la plupart

des études, le ratio est de l'ordre de quatre à cinq petits ruminants pour un bovin. D'un point de vue agronomique, la méthode simultanée permet également une meilleure valorisation de la production fourragère globale (HOSTE *et al.*, 2003).

#### **4.1.2. La rotation des pâtures**

La conduite de pâturage en rotation de parcelles joue un rôle important sur le recyclage des parasites. En effet, pour des conditions climatiques équivalentes, le nombre de générations de parasites se développant est plus faible lors d'un pâturage en rotation avec des périodes de séjour courtes sur les parcelles (moins de deux semaines) qu'en pâturage libre (CHAUVIN *et al.*, 2001). Ce système de pâturage tournant constitue une approche intéressante puisqu'il permet de minimiser le contact entre les animaux qui pâturent et les larves infestantes (HOSTE *et al.*, 2003). L'idéal consiste à changer les animaux de parcs tous les cinq jours et surtout ne jamais revenir en arrière pour éviter le contact avec les vers. La mise au repos des parcelles affaiblit les larves et favorise l'assainissement des sols (VERNEY, 2014). En effet, en saison estivale, l'action du soleil détruit de 80 à 85 % des parasites en seulement 15 jours.

Parallèlement à la gestion des parcelles, le pâturage en période à risque (rosée, pluie, temps frais) est à éviter. En effet, la pluie détruit les matières fécales et libère ainsi les larves qui se dispersent dans la végétation, augmentant ainsi considérablement le risque d'infestation (MOUNPORT *et al.*, 1990). De la même manière, le surpâturage doit être limité. La plupart des larves de parasites se concentre à la base des premiers centimètres d'herbe (ZOUITEN, 2006), à une hauteur généralement inférieure à 5 cm. Plus la densité d'animaux est importante et plus la prairie est « raclée » ce qui ne fait qu'augmenter le risque de contamination (CIVAM, 2014).

#### **4.2. Les traitements ciblés**

Une solution envisagée pour réduire la diffusion de la résistance réside dans le choix des individus à traiter. En effet, comme nous venons de le voir auparavant, le traitement systématique de tous les animaux du troupeau est un facteur aggravant la résistance. Il est donc intéressant de traiter les animaux de façon sélective, en ciblant les animaux les plus parasités (poils piqués, amaigrissement, perte d'énergie, ...). Le choix de ces animaux à traiter est d'autant plus important que 30 % des chèvres d'un troupeau sont responsables de 70 % de l'émission des œufs (MENZIES *et al.*, 2010).

Des études antérieures ont montré que les primipares et les meilleures productrices laitières étaient généralement les plus infestées. Une étude réalisée par HOSTE *et al.* (2000) sur l'élevage du Pradel a permis de montrer l'efficacité d'un traitement ciblé sur ces deux catégories d'animaux sur la maîtrise du parasitisme du troupeau entier. Qui plus est, du point de vue de la production laitière, les résultats ne montrent aucune différence significative entre le groupe d'animaux traité de façon sélective et le groupe traité de façon systématique.

#### **4.3. Les plantes tannifères**

Les tanins sont des métabolites secondaires des plantes, de nature polyphénolique, qui jouent un rôle de protection contre les prédateurs (herbivores et insectes). Deux catégories principales de tanins sont distinguées en fonction de leur structure biochimique :

- les tanins hydrolysables, absorbés par la muqueuse intestinale ;
- les tanins condensés, qui ne sont pas absorbés par la muqueuse intestinale et sont donc réputés moins toxiques.

Les propriétés antiparasitaires sont surtout associées aux tanins condensés. Les plantes riches en tanins appartiennent à de nombreuses familles botaniques : les plantes ligneuses

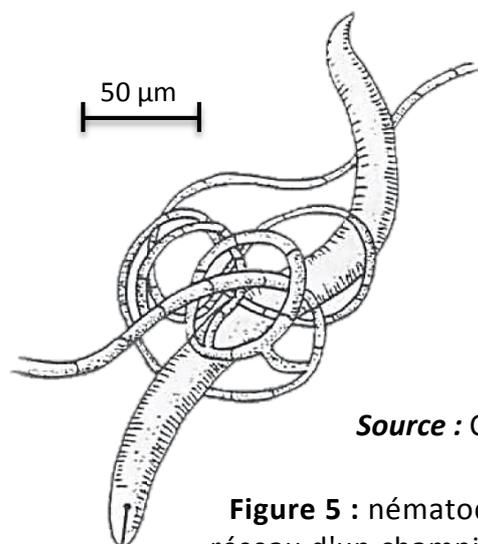
(noisetier, chêne, châtaignier,...) et leurs fruits, mais aussi certaines légumineuses fourragères, telles le sulla, le lotier pédonculé, le lotier corniculé ou encore le sainfoin (HOSTE *et al.*, 2006).

Les premières études utilisant les tanins comme moyen de lutte contre les strongyloses gastro-intestinales chez les ovins ont été mises en œuvre en Nouvelle-Zélande sur différents lots d'agneaux infestés naturellement. Les résultats des autopsies révèlent que l'excrétion fécale des œufs de parasites était plus importante chez les animaux ayant ingéré des plantes sans tanins que pour les animaux qui ont consommé des tanins. Des résultats similaires ont été obtenus en Ecosse à partir d'essais menés en conditions expérimentales sur des moutons infestés artificiellement et dont l'apport journalier de tanins condensés était contrôlé (PAOLINI *et al.*, 2003a).

Le même genre d'études a été réalisé en élevage caprin et les résultats concordent avec ceux obtenus chez les ovins. Qui plus est, les chèvres semblent particulièrement bien adaptées à l'utilisation de plantes riches en tanins condensés étant donné qu'il s'agit d'animaux « cueilleurs », comparativement aux ovins qui sont essentiellement « brouteurs ». Une étude menée par PAOLINI *et al.* (2003b) a consisté à administrer quotidiennement du Quebracho<sup>2</sup> à des chèvres infestées par *Haemonchus contortus*. Les résultats de cette étude indiquent que l'effet majeur de la consommation de tanins est une réduction de la fécondité des larves ainsi que de la production d'œufs. La concentration en tanins condensés dans la ration est une variable majeure. L'effet antiparasitaire survient à partir de 3 % de tanins condensés dans la ration.

#### **4.4. Les champignons nématophages**

Parmi les alternatives aux produits anthelminthiques, l'utilisation de champignons s'attaquant aux larves de nématodes parasites est une piste explorée. Ces champignons sont naturellement présents dans les sols riches en humus où ils se nourrissent de larves de nématodes grâce à leurs « filets de capture » placés à la surface du champignon. Lors des premiers essais expérimentaux dans les années 90, l'espèce *Duddingtonia flagrans* s'est révélée particulièrement efficace. Ce champignon n'exerce pas d'action sur les vers adultes mais est surtout efficace contre les jeunes larves de nématodes présentes dans les fèces (Figure 5). Il permet ainsi de limiter la dissémination des larves dans les pâtures où elles sont habituellement à l'abri de tout moyen de lutte.



**Source :** CAYROL *et al.*, 1992.

**Figure 5 :** nématode capturé dans le réseau d'un champignon nématophage

<sup>2</sup> arbre d'Amérique du Sud de la famille des Anacardiacees, riche en tanins condensés.

L'implantation du champignon se fait grâce à la dissémination des spores qui sont mélangées à l'alimentation des animaux. Ces spores passent alors dans le système digestif et commencent à germer après l'excrétion par l'animal. Les spores doivent être distribuées quotidiennement pendant 45 à 60 jours pour diminuer l'infestation des pâtures de façon significative. Des essais réalisés en élevages bovins ont également mis en évidence une prise de poids des animaux suite à la présence du champignon. Les résultats obtenus en élevages ovins ont montré une certaine efficacité de *Duddingtonia flagrans* sans toutefois être suffisante pour une protection efficace du troupeau. Des expériences ont également été menées sur des chèvres où encore une fois, les résultats étaient encourageants. Le champignon nématophage semble donc être efficace pour différentes espèces animales (FONTAINE, 2003).

En 2004, bien que l'efficacité de ce champignon soit apparue intéressante sur le terrain, des études d'impact devaient encore être réalisées avant d'envisager une utilisation sur le long terme (CABARET, 2004). Qui plus est, de nombreuses expériences restaient à faire concernant le choix des souches de champignons, les dosages de spores mais aussi sur les méthodes de distribution (FONTAINE, 2003). Le FiBL s'est dernièrement intéressé à cette problématique et cherche à répondre à ces questions.

#### **4.5. L'activité anthelminthique des plantes et extraits**

De nombreuses plantes utilisées traditionnellement sont recensées pour leurs propriétés anthelminthiques. Bien que peu de recherches existent sur leur efficacité vermifuge, plusieurs études semblent prometteuses.

EGUALE *et al.* (2007a) ont mis en évidence l'activité anthelminthique d'extraits aqueux et hydro-alcooliques à base de Lierre (*Hedera helix*) chez des moutons infestés artificiellement par *H. contortus*. Le pouvoir anthelminthique des graines de Coriandre (*Coriandrum sativum*) a également été testé par EGUALE *et al.* (2007b) en conditions *in vitro* à partir d'extraits aqueux et hydro-alcooliques. Les résultats montrent que les deux types d'extraits inhibent l'éclosion des œufs à une concentration inférieure à 0,5 mg / ml. *In vivo*, des doses de Coriandre à 0,9 g / kg de poids vif ont permis de diminuer le nombre de vers de façon significative.

En 2003, une étude de HÖRDEGEN *et al.* (2003) rapporte que l'extrait éthanolique de l'espèce *Fumaria parviflora* pourrait être une source alternative intéressante pour lutter contre *H. contortus* et *T. colubriformis*. Les résultats montrent que l'utilisation de *F. parviflora* est aussi efficace que le composé de référence du tartrate de pyrantel qui est un anthelminthique puissant.

L'activité de l'Absinthe (*Artemisia absinthium*) a également été étudiée (TARIQ *et al.*, 2009). Il apparaît que les extraits aqueux et éthanoliques des parties aériennes de la plante possèdent une activité vermifuge, notamment en inhibant la motilité des larves d'*H. contortus*.

Plus récemment, en 2010, MACEDO *et al.* (2010), se sont intéressés aux propriétés de l'huile essentielle d'*Eucalyptus staigeriana*. Les essais *in vitro* et *in vivo* réalisés à partir de cette huile essentielle laissent à penser que l'*E. staigeriana* possède une activité anthelminthique. Toutefois, son efficacité n'atteint pas le niveau des anthelminthiques synthétiques.

En 2013, DOMINGUES *et al.* (2013) se sont intéressés à l'activité anthelminthique de l'ananas (*Ananas comosus*) et de la broméline<sup>3</sup> sur l'infestation d'une race de brebis brésilienne. La broméline a en effet été trouvée comme ayant une activité sur la cuticule des nématodes qui favoriserait leur mort. Il s'avère que les essais menés *in vitro* montrent une efficacité intéressante sur *H. contortus*. Cependant, l'application sur les moutons infestés a

---

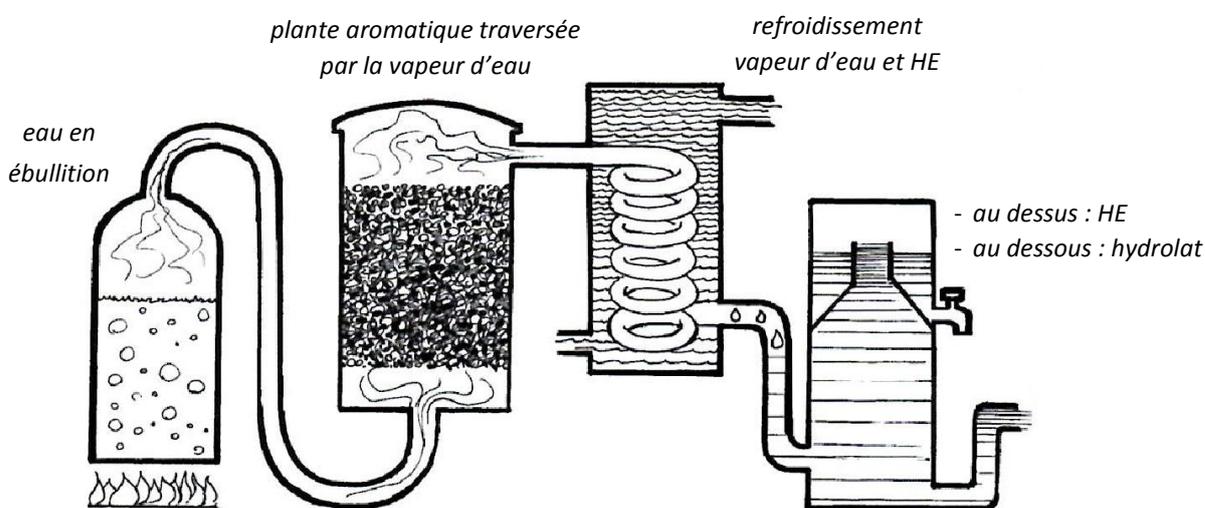
<sup>3</sup> la broméline est un mélange d'enzymes extrait principalement des tiges de l'ananas, capable de digérer les protéines.

mis en évidence une efficacité plus légère où seulement une réduction d'OpG de 42,2 % a été enregistrée.

## II. L'utilisation de l'aromathérapie en élevage

### 1. Présentation de l'aromathérapie

L'aromathérapie est une branche particulière de la phytothérapie qui correspond à l'usage des Huiles Essentielles (HE) à des fins thérapeutiques (GROSMOND, 2012). Alors que la phytothérapie emploie les plantes entières ou en extraits, sous forme séchée, en poudre ou encore d'extraits liquides, administrées en infusion, décoction ou macération (LABRE, 2007), l'aromathérapie utilise uniquement l'huile essentielle des plantes. Dans la majorité des cas, ces huiles essentielles sont extraites par distillation dans un alambic ou par expression à froid (pour les essences d'agrumes) à partir des plantes aromatiques (LABRE, 2007) (Figure 6).



**Figure 6** : principe de la distillation des huiles essentielles par entraînement de la vapeur d'eau

**Source** : LABRE, 2007

Les huiles essentielles sont généralement administrées en mélange avec un excipient. Dans la plupart des cas, il s'agit d'un corps gras car les huiles essentielles ne sont pas solubles dans l'eau. De plus, l'excipient atténue le pouvoir irritant des HE lié à leurs fortes concentrations en principes actifs. Il a également l'avantage de limiter leur évaporation.

A l'heure actuelle, bien que les recherches en aromathérapie se soient multipliées ces dernières années, elle n'est pas reconnue par la communauté scientifique et fait partie des médecines alternatives. L'utilisation des HE est toutefois en augmentation en raison du développement croissant de l'agriculture biologique qui favorise l'utilisation de méthodes non conventionnelles, entre autres, la phytothérapie. L'engouement récent des consommateurs pour la médecine naturelle représente également un moteur fort. Qui plus est, la région Rhône-Alpes fait partie d'une des principales régions productrices de Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales (PPAM) biologiques en France avec 7 200 ha cultivés, répartis sur un millier d'exploitations (PELURSON, 2012b).

## **2. Les principales utilisations**

Les propriétés des HE sont multiples et complexes et dépendent des molécules qu'elles contiennent. Certaines ont une action physico-chimique, c'est-à-dire, anti-infectieuse, antiparasitaire et mucolytique. Elles peuvent aussi avoir des actions physiologiques informationnelles au niveau des hormones, des neurotransmetteurs ou encore de la régulation neuro-végétative. Elles possèdent également le pouvoir de stimuler les organismes physiologiques pour les sécrétions, l'immunité ou la cicatrisation. Enfin, elles agissent sur le plan olfactif (RIVRY-FOURNIER, 2009). Il est toutefois important de souligner que certaines huiles essentielles sont toxiques et peuvent entraîner des irritations en fonction des composés et de la voie d'administration utilisée.

Des enquêtes réalisées auprès d'éleveurs rhônalpins (CHANAVAT, 2010) ont permis de recenser les principales pratiques d'utilisation de l'aromathérapie en élevage caprin. La pratique de l'aromathérapie s'est avérée fréquente pour plusieurs pathologies, à savoir le traitement des mammites, des parasites internes mais aussi externes.

Généralement, les produits issus de la phytothérapie disposent de peu d'indications de posologies ou de voies d'administration appliquées à l'élevage. Il existe très peu de recherches et de documentations dans cette branche, c'est pourquoi, la galénique a un rôle important à jouer.

## **III. Une collaboration scientifique et syndicale**

### **1. Le FiBL**

Le FiBL est un institut de recherche spécialisé en agriculture biologique. Fondé en 1973 par des agriculteurs et des chercheurs, il s'agit d'un des principaux instituts de recherche en agriculture biologique à l'échelle mondiale. Le FiBL est actuellement présent sur trois sites, en Suisse (Frick), en Allemagne (Francfort) et en Autriche (Vienne). Le FiBL suisse, installé depuis 1997, emploie plus de 135 spécialistes qui travaillent sur des thématiques variées : sciences du sol, protection des plantes et biodiversité, pratiques culturales et production végétale, recherche animale et socio-économie. Le FiBL participe également à de nombreux projets de recherche internationaux. En effet, plusieurs projets menés en Europe de l'Est, en Inde, en Amérique latine et en Afrique ont pour objectif le développement de la recherche, de la vulgarisation et de la certification dans le cadre de l'agriculture biologique.

L'institut de recherche et son service de vulgarisation sont financés par plusieurs organisations, à savoir, l'Office Fédéral de l'AGriculture (OFAG), l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEV), le Secrétariat d'Etat à l'EcOnomie (SECO), la Direction du Développement et de la Coopération (DDC), les offices cantonaux de l'agriculture, les communes ainsi que des organisations privées et des particuliers. Le FiBL se finance en outre grâce à ses nombreux mandats de recherche et participe à plusieurs projets de recherche sous l'égide de l'Union Européenne.

L'équipe de parasitologie du FiBL se compose de cinq salariés qui œuvrent pour trouver des stratégies de lutte antiparasitaires durables pour les éleveurs en conduite biologique. Leur travail bénéficie de financement assuré par l'Union Européenne mais aussi par le gouvernement suisse ainsi que des fondations privées. Dans la dernière décennie, l'équipe de recherche s'est essentiellement concentrée sur les parasites internes des ruminants et de la volaille. Généralement, les maladies parasitaires ne sont pas contrôlées par un seul facteur et c'est pourquoi, le groupe s'est investi dans différents axes de recherche :

- les nutraceutiques chez les ovins et caprins
- les stratégies de gestion et de lutte biologique (la gestion des pâtures et les champignons nématophages)
- l'utilisation de la phytothérapie

- la sélection d'hôtes résistants aux parasites
- l'application de traitement ciblé sélectif avec anthelminthiques

Ces dernières années, des études ont été réalisées spécifiquement sur les fourrages tannifères pour lutter contre les parasites. Cette stratégie de lutte a fait ses preuves et est aujourd'hui introduite dans la pratique. Un autre axe de recherche a été développé concernant l'utilisation des champignons nématophages.

## **2. Le Syndicat Caprin de la Drôme**

Le Syndicat Caprin de la Drôme est une association Loi 1901 créée en 1963 par des éleveurs bénévoles. L'objectif principal de cet organisme est de défendre et représenter les intérêts des éleveurs tout en contribuant au maintien du bon état sanitaire des troupeaux. Aujourd'hui, cette structure comprend deux salariées : Elina HARINCK, animatrice et Valérie BEROULLE, conseillère en élevage.

Le fonctionnement du Syndicat est assuré par différentes sources de financement. La majeure partie de ces financements provient de subventions accordées par le Conseil Général de la Drôme, la région Rhône-Alpes, ou encore l'association Biovallée®. Ces fonds permettent notamment de financer des actions spécifiques comme le PIDA (Programme Intégré de Développement Agricole) « valorisation des chèvres de réforme », lancé en 2012. Dans une moindre mesure, la cotisation des adhérents et les sessions de formations techniques organisées pour les éleveurs par le Syndicat participent également à son financement.

En 2014, le Syndicat Caprin compte 230 adhérents qui représentent près de 80 % des éleveurs fromagers de la Drôme. Parmi ces adhérents, un groupe de 12 éleveurs est animé par le Syndicat Caprin depuis 2011 afin de développer et diffuser des connaissances en phytothérapie et aromathérapie en élevage caprin. Le groupe est accompagné par un vétérinaire, Michel BOUY et un pharmacien, Vincent DELBECQUE qui interviennent lors de rencontres régulières tout au long de l'année. Ce dispositif capitalise ainsi les expériences et savoir-faire des éleveurs qui testent eux-mêmes des solutions à base de plantes tout en favorisant la richesse locale en plantes médicinales.

## **3. L'élaboration du projet**

Ce projet fait suite à diverses initiatives engagées ces dernières années. En 2010, un état des lieux des pratiques d'utilisation de l'aromathérapie en élevage caprin a été effectué sur les élevages de Rhône-Alpes. Suite à cela, en 2011, le Syndicat Caprin de la Drôme propose aux éleveurs intéressés de former un groupe suivi par un vétérinaire et un pharmacien du département. Une douzaine d'éleveurs sont impliqués, le but étant de tester des solutions à bases d'huiles essentielles pour soigner leur troupeau mais aussi de favoriser la richesse locale en plantes médicinales. Jusqu'à présent, l'efficacité de ces préparations n'était vérifiée qu'au travers des impressions et des observations des éleveurs. Face à ce constat, il était intéressant de venir confirmer ou réfuter l'efficacité de ces préparations en adoptant une démarche rigoureuse et scientifique. C'est dans cette optique que le FiBL et le Syndicat Caprin de la Drôme ont collaboré en 2014 pour s'intéresser aux pratiques des éleveurs concernant leur gestion du parasitisme interne.

Le département de la Drôme et plus particulièrement le territoire de la Biovallée® bénéficie d'une ressource intéressante du point de vue de l'agriculture biologique. En 2011, près de 28 % des exploitations qui peuplent les quatre communautés de communes de la Biovallée® sont biologiques (MEJEAN, 2013). Face à ce contexte et à une certaine volonté du FiBL d'étendre ses compétences à l'étranger, le FiBL et le Syndicat Caprin forment un

partenariat en 2014 sur le projet de recherche « *Aromathérapie et Parasitisme interne* » en association avec le territoire Biovallée®.

Ma mission durant ce stage a donc été de débiter les premières expérimentations en adoptant un protocole scientifique qui permettrait l'élaboration et le suivi des essais menés au sein des cinq élevages caprins sélectionnés. L'objectif était dans un premier temps d'évaluer le niveau d'infestation de chaque élevage pour appliquer les traitements en fonction. Par la suite, les prélèvements et les résultats obtenus au cours de ces essais ont permis de répondre à la question suivante : les traitements à base d'aromathérapie utilisés traditionnellement par les éleveurs sur le territoire sont-ils efficaces dans la lutte contre le parasitisme interne ?

## Partie 2 : matériels et méthodes

L'éventuelle efficacité de l'aromathérapie sur les strongles gastro-intestinaux est étudiée au travers de plusieurs élevages caprins qui sont généralement les plus atteints par le parasitisme. En raison de leur régime alimentaire varié et de type « cueilleur », les caprins n'ont eu qu'un contact épisodique avec les parasites au cours de leur évolution. A l'inverse, les moutons qui sont des animaux « brouteurs » ont continuellement été en contact avec les parasites ce qui leur confère une meilleure réponse immunitaire face aux strongles (HOSTE et CHARTIER, 1998). Les élevages concernés par l'étude ont été choisis parmi ceux inscrits au groupe d'échanges du Syndicat Caprin de la Drôme en prenant en compte leur localisation géographique, la motivation des éleveurs à participer au projet et le niveau d'infestation de leur élevage. Les élevages A, B, C, D et E ont ainsi été retenus (Figure 7).

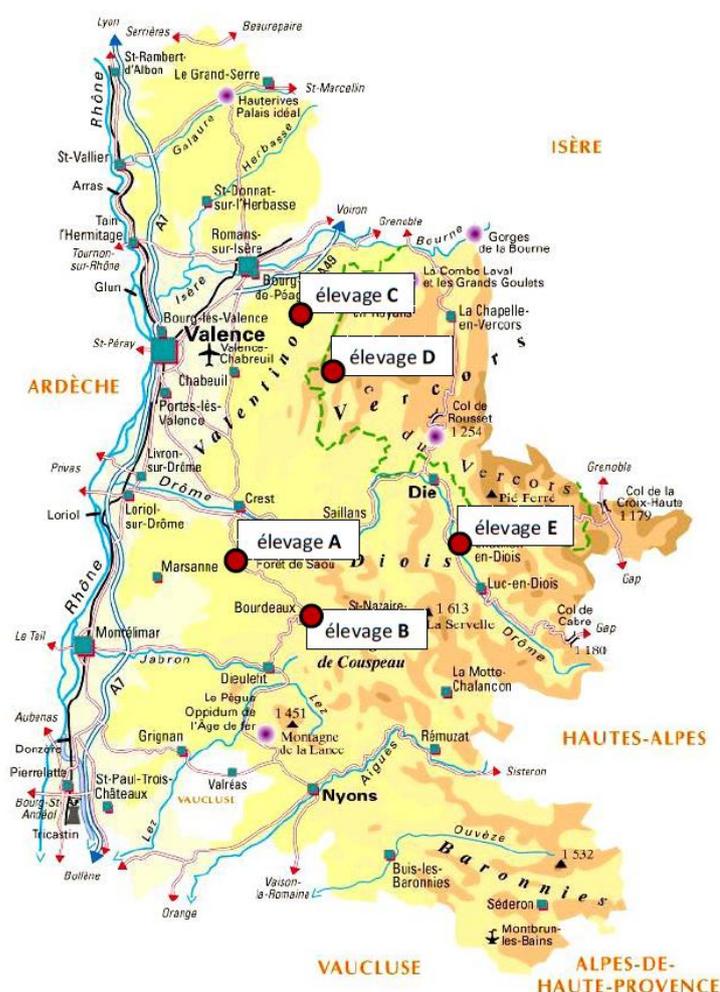


Figure 7 : répartition géographique des élevages participant à l'étude

Différents types de mélanges antiparasitaires ont été élaborés à l'aide d'un vétérinaire et d'un pharmacien. Il est important de souligner que les traitements utilisés dans ces essais sont issus de la pratique des éleveurs, le but étant de connaître l'efficacité des mélanges qu'ils utilisent de façon empirique. Ces formulations ont par la suite été administrées aux élevages concernés qui ont pris la forme de lots traités et de lots témoins (Figure 8).

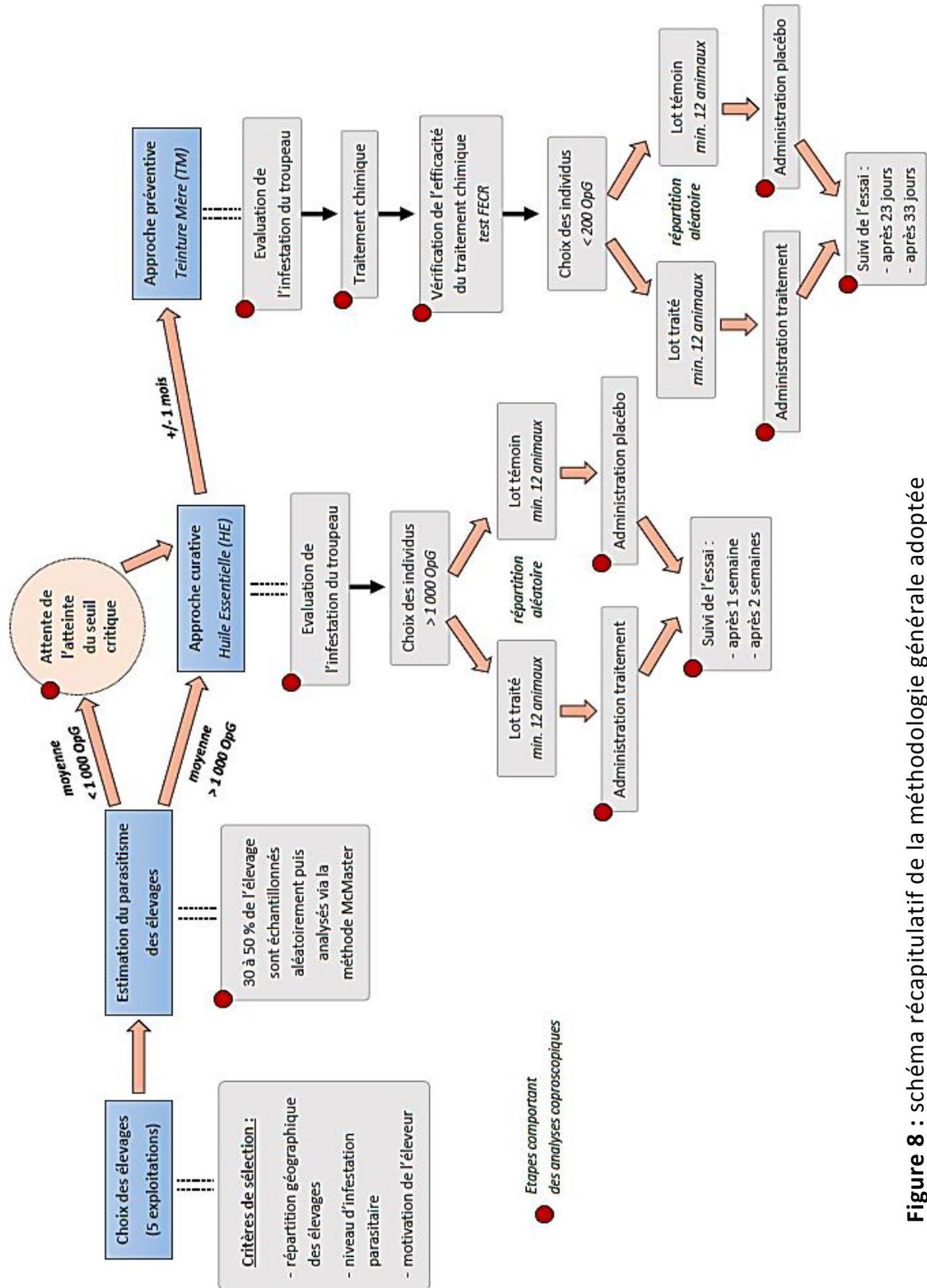


Figure 8 : schéma récapitulatif de la méthodologie générale adoptée

## I. Présentation des élevages

L'étude concerne cinq exploitations caprines de la Drôme, quatre d'entre elles sont en conduite biologique. Au total, près de 260 chèvres de race Alpine ou Saanen sont analysées. L'effet de la race sur la résistance aux infestations n'est pas démontré, c'est pourquoi la variable de la race n'a pas été soumise à des contraintes particulières.

### 1. Pourquoi des élevages biologiques ?

En élevage herbivore, une des recommandations principales du cahier des charges de l'Agriculture Biologique (AB) préconise que le pâturage doit constituer une part majeure des ressources alimentaires des animaux. Cette pratique accentue les risques d'infestations parasitaires étant donné que le cycle biologique des helminthes parasites nécessite un passage par le milieu extérieur (HOSTE *et al.*, 2003). Les éleveurs en conduite biologique sont donc sensiblement les plus touchés par le parasitisme interne.

D'un point de vue sanitaire, le principe de prévention est privilégié. Les traitements chimiques sont en effet utilisés seulement en curatif à hauteur de trois traitements par an maximum sur les chèvres et un par an pour les chevreaux (GUINAMARD, 2013). Le délai d'attente légal pour les produits allopathiques utilisés doit être doublé pour les élevages biologiques. Il est à noter qu'un produit qui n'a pas de délai d'attente en élevage conventionnel est obligatoirement soumis à un délai d'attente de 48 h en élevage biologique. Cette obligation engendre des conséquences parfois lourdes pour les éleveurs caprins laitiers ou fromagers qui doivent jeter leur lait pendant plusieurs jours. Les agriculteurs en conduite biologique sont ainsi soumis à des contraintes importantes qui justifient d'autant plus l'urgence de trouver des médecines alternatives.

Bien que cette étude ait été menée majoritairement auprès d'éleveurs en conduite biologique qui sont les plus menacés par les risques de parasitisme, l'objectif du projet est de trouver une solution alternative qui puisse être transposable à toutes les conduites d'élevage.

## 2. Les cinq élevages

### 2.1. Exploitation A

L'activité de l'exploitation A a débuté en 2011 et comprend aujourd'hui deux Unités de Travail Humain (UTH). L'élevage A possède 48 chèvres de race Alpine en conduite biologique. En moyenne, les animaux pâturent 4 h par jour sur des parcs essentiellement boisés (10 ha). Le système de pâture dans l'espace boisé est continu tandis que pour les parcelles en herbe, le pâturage est tournant (rotation toutes les semaines). Depuis l'installation, en moyenne un traitement anthelminthique est appliqué annuellement. Cependant, les conséquences du parasitisme ont été très marquées pendant l'année 2013, aboutissant à l'application de plusieurs traitements chimiques durant l'année.

### 2.2. Exploitation B

Depuis 2007, l'exploitation B a démarré avec 2 UTH. L'élevage B se compose de 55 chèvres de race Alpine en conduite biologique. Les chèvres disposent de près de 30 ha de pâture dont 25 ha en bois pour un temps de pâture estimé à 3 h par jour. Le pâturage est conduit sans fil sous la garde d'un berger. Depuis leur installation, les éleveurs n'ont administré aucun traitement vermifuge à leurs chèvres.

### **2.3. Exploitation C**

L'exploitation C a été créée en 2009 et depuis 2014, elle ne compte qu'un UTH. L'élevage C est composé de 70 chèvres de race Saanen en conduite conventionnelle. 25 animaux font partis d'un lot dessaisonné qui est conduit de la même façon que le reste du troupeau. L'exploitation s'articule autour de 1,5 ha de pâture découpée en plusieurs parcelles. Concernant la gestion de l'herbe, les animaux restent en moyenne 7 jours sur une parcelle avant de passer à une autre. Le temps de pâture est estimé en moyenne entre 4 et 5 h par jour lorsque le temps le permet. Habituellement, 2 à 3 traitements chimiques (oxfenil ou éprinex) sont utilisés par an, avec en complément des traitements aux huiles essentielles.

### **2.4. Exploitation D**

L'élevage D est en activité depuis 2005 et se compose de 42 chèvres de race Alpine en conduite biologique. Au total, le pâturage est possible sur 15 ha, dont 9 ha de prairies et le reste en bois et landes. La plupart des surfaces en herbe est découpée en parcelles. Les chèvres pâturent les prairies au fil avant avec de l'herbe nouvelle chaque jour. En moyenne sur l'année, le temps de pâture par jour est compris entre 7 et 8 h. En principe, un, voire deux traitements chimiques sont administrés à tout le troupeau durant l'année. Des traitements ponctuels aux huiles essentielles sont également utilisés.

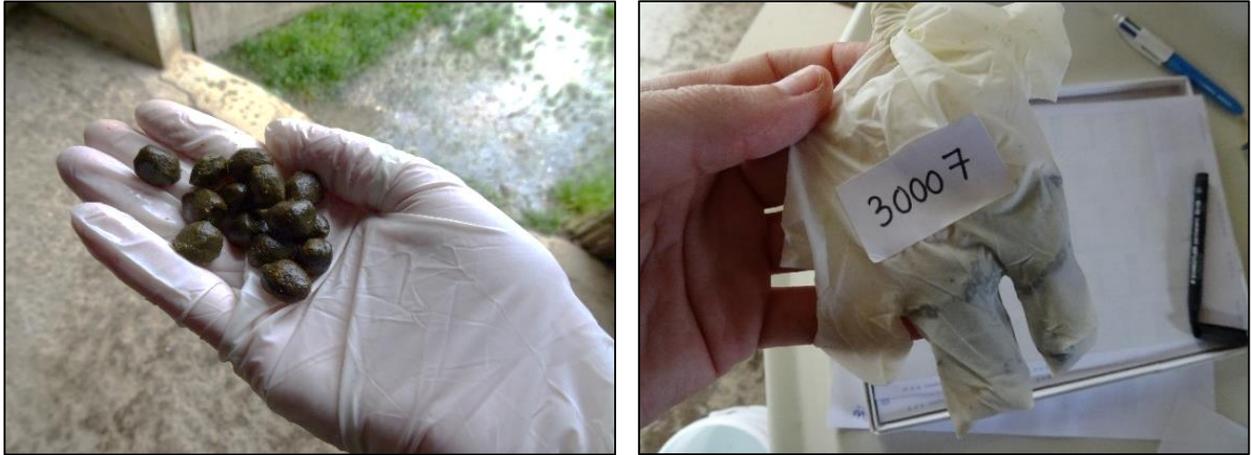
### **2.5. Exploitation E**

Depuis mai 2009, l'exploitation E s'est développée et compte aujourd'hui 3 UTH. L'élevage E comporte 48 chèvres de race Alpine en conduite biologique. L'exploitation dispose de 6,5 ha de prés pour un temps de pâture estimé à 9 h par jour en moyenne. Le pâturage s'effectue sur plusieurs parcelles rationnées avec un fil à l'avant. En ce qui concerne la fréquence des traitements anthelminthiques habituellement utilisés sur l'élevage E, il est à noter qu'avant 2013, aucun traitement chimique n'était administré. Seul un mélange de plantes (« fytofree ») établi par des vétérinaires était utilisé. Pour l'année 2013, trois traitements chimiques (dont un éprinex) ont été administrés avec en complément des mélanges de teintures mères élaborés lors des formations aromathérapie organisées par le Syndicat Caprin. Pour 2014, seuls les mélanges utilisés pour les essais de l'étude ont été administrés.

## **II. La méthode de prélèvement et les analyses coprologiques**

### **1. La méthode de prélèvement**

Pour connaître le niveau d'infestation parasitaire de chaque chèvre, des prélèvements de fèces sont réalisés directement dans le rectum de l'animal afin de limiter les contaminations par le milieu extérieur (nématodes libres, larves de diptère,...). Environ 5 à 10 crottes sont prélevées à l'aide d'un gant de fouille. Le gant est ensuite retourné et sert de sac d'échantillonnage. Chaque échantillon est clairement identifié par une étiquette où est inscrit le numéro tip-tag de la chèvre prélevée (Figure 9). Une fois les prélèvements effectués, il est important que l'analyse soit réalisée dans les jours qui suivent. En attendant l'analyse, les échantillons sont stockés au réfrigérateur (4 à 8 °C).



**Figure 9** : échantillon de matière fécale après prélèvement et identification de l'échantillon

Avant la mise en place d'un traitement, des prélèvements individuels sont réalisés sur toutes les chèvres de chaque élevage afin de sélectionner les chèvres qui ont les plus forts taux d'infestation et qui feront parties de l'essai. Il est à noter que les animaux qui ont des niveaux d'infestation inférieurs à 1 000 Œufs par Gramme de fèces (OpG) sont exclus de l'essai.

## **2. Les méthodes de coproscopies quantitatives**

Le comptage des œufs de strongles peut se réaliser grâce à différentes méthodes. Les principales méthodes quantitatives utilisées sont la méthode de Stoll, la méthode FLOTAC et la méthode McMaster. La méthode de Stoll consiste à séparer par sédimentation les éléments parasitaires des débris fécaux avec l'eau. Bien qu'étant facile et peu coûteuse, cette méthode est moins utilisée que les deux autres car l'enrichissement est moindre. Tout comme la méthode McMaster, la technique FLOTAC utilise le principe de flottation. D'après une étude de RINALDI *et al.* (2010), la méthode FLOTAC présente une meilleure sensibilité que McMaster. Toutefois, la technique FLOTAC s'utilise avec du sulfate de zinc qui est une solution relativement dangereuse qui doit être manipulée avec précaution. Concernant la méthode McMaster, une simple solution d'eau saturée en sel permet de mettre les œufs en suspension. Qui plus est, FLOTAC est une méthode peu adaptée pour les analyses en série au même titre que la méthode de Stoll. Pour ces raisons, la méthode de coproscopie McMaster semble être la plus intéressante pour cette étude.

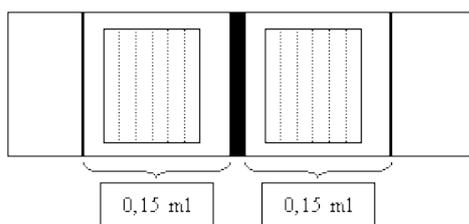
### **2.1. La méthode McMaster**

Développée en Australie à l'origine, la méthode McMaster est la plus largement utilisée pour le comptage des œufs de nématodes (BOSCO *et al.*, 2014). Il s'agit d'une technique facile à mettre en œuvre, peu coûteuse et relativement rapide et sensible (Annexe 1). Cette méthode quantitative se base sur le principe de flottation et consiste à compter le nombre d'éléments parasitaires contenus dans 0,30 ml de suspension de matière fécale diluée au 1/15<sup>ème</sup>. Cet outil de mesure nécessite l'utilisation d'une lame de McMaster (Figure 11 et Figure 10) qui comprend deux chambres d'analyses.

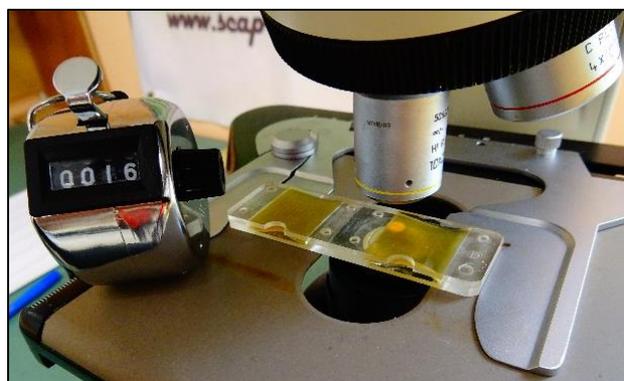
L'analyse coprologique va permettre de mettre en évidence des quantités d'œufs de parasites dans les matières fécales des animaux, exprimées en Œufs par Gramme de fèces (OpG). Il est à noter que le seuil minimal de détection de cette méthode est de 50 OpG. La

grille d'interprétation suivante peut être proposée pour définir le niveau d'infestation de l'animal (ROZETTE, 2009) :

- infestation faible : < 500 OpG ;
- infestation moyenne : 500 - 1 000 OpG ;
- infestation forte : > 1 000 OpG.



**Figure 11** : lame de McMaster



**Figure 10** : observation d'une lame de McMaster au microscope

## **2.2. L'identification d'*Haemonchus contortus***

Parallèlement aux analyses coprologiques quantitatives, des tests plus spécifiques (fluorescein labeled peanut agglutinin test) sont effectués pour estimer le pourcentage d'*Haemonchus contortus* par rapport à la population totale de strongles. JURASEK *et al.* (2010) ont mis en évidence l'action de l'agglutinine d'arachide qui se lie spécifiquement aux œufs d'*Haemonchus contortus*. Conjuguée à la fluorescence, cette lectine permet de différencier rapidement les œufs d'*Haemonchus* de ceux des autres strongles sous illumination ultraviolette.

Dans le cadre de l'étude, les échantillons sont mis sous vide et envoyés directement au laboratoire suisse du FiBL. Ces tests d'identification sont relativement coûteux, c'est pourquoi seulement des analyses de groupe sont réalisées au détriment d'analyses individuelles. Pour cela, les chèvres issues du lot témoin sont réparties de façon aléatoire dans différents groupes (1, 2, 3 ou 4). Il en est de même pour les individus du lot traité. Ainsi, quatre analyses sont effectuées par lot d'animaux à chaque prélèvement.

Les prélèvements spécifiques pour l'identification d' *H. contortus* sont réalisés au même moment que les autres prélèvements, c'est-à-dire le jour du traitement ( $J_0$ ), une semaine après ( $J_7$ ) et deux semaines après ( $J_{14}$ ). Ainsi, à  $J_0$ ,  $J_7$  et  $J_{14}$ , les prélèvements de chaque chèvre sont mélangés en fonction de leur groupe. La composition de ces groupes reste identique tout au long de l'essai.

## **III. L'approche curative**

### **1. Choix des individus et suivi du traitement**

Dans un premier temps, des analyses coprologiques de toutes les chèvres du troupeau sont réalisées. Pour l'approche curative, seules les chèvres ayant un niveau d'infestation

supérieure à 1 000 OpG sont incluses dans l'essai. En effet, la mise en évidence d'un effet du traitement ne peut pas s'effectuer sur des niveaux bas d'infestation.

Suite à cela, les animaux infestés sont répartis dans deux lots différents à l'aide d'un échantillonnage aléatoire stratifié (stratified random sample) qui se base sur le classement des OpG. Ainsi, un lot traité de 12 animaux et un lot témoin de 12 animaux (Figure 12) au minimum sont obtenus. Le nombre d'animaux recommandé par le guide line de la WAAVP (World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology) pour tester l'efficacité d'un médicament anthelminthique est d'au moins six par groupe pour une efficacité attendue de 90 % (GITHIORI *et al.*, 2006). Dans le cadre de nos essais, une efficacité inférieure est attendue et c'est pourquoi, au minimum 12 individus par lot sont sélectionnés.



**Figure 12** : marquage des chèvres pour l'identification des lots (témoin et traité)

Ainsi, les chèvres du lot traité reçoivent le traitement tandis qu'un placebo composé uniquement d'huile de paraffine pure est administré au lot témoin. D'un point de vue statistique, il est important que les moyennes d'OpG obtenues au commencement du traitement soient identiques pour les deux lots. Il est également important de souligner que les chèvres de l'essai font parties intégrante du troupeau, elles sont ainsi soumises aux mêmes conditions d'élevage que le reste du cheptel.

Lorsque les individus du lot traité et du lot témoin ont été clairement identifiés, le traitement et le placebo peuvent être administrés. Des analyses coprologiques sont effectuées le jour de l'administration du traitement ( $J_0$ ) et d'autres relevés coprologiques sont effectués sur ces mêmes chèvres, une semaine ( $J_7$ ) et deux semaines après traitement ( $J_{14}$ ). Ces analyses permettent de suivre l'évolution des OpG de façon individuelle après le traitement.

## **2. Composition des traitements et voie d'administration**

Comme le souligne LABRE (2007), les huiles essentielles ont généralement une action plus rapide que les extraits phytos et nettement plus intense dans les infections, où elles sont utilisées en priorité. C'est sur cette affirmation que les traitements curatifs ont été élaborés à base d'huiles essentielles. Tout au long du projet, différents traitements ont été utilisés. Les traitements sont administrés par injection à l'aide d'une seringue plastique directement dans

la bouche de l'animal. Généralement, la durée des traitements varie de trois (J<sub>0</sub>, J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>) à six jours (J<sub>0</sub>, J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub>, J<sub>4</sub>, J<sub>5</sub>) en fonction de la recette. La posologie des traitements est également variable et dépend de la forme galénique.

### 2.1. Le traitement simple dose

Plusieurs traitements ont été testés dans le cadre de cette étude. Deux élevages comptant chacun un lot traité (minimum 12 animaux) et un lot témoin (minimum 12 animaux), ont été utilisés pour tester l'efficacité d'un premier traitement, couramment appliqué par les chevriers. Il s'agit d'un traitement intitulé « simple dose » qui se compose d'huiles essentielles de COGA (Cannelle, Origan, Girofle, Ajowan ou Thym à Thymol), de Boldo et de Laurier noble.

	Composition par chèvre	
	par jour	pour 3 jours
<b>noms Huiles Essentielles</b>		
Cannelle ( <i>Cinnamomum cassia</i> )	0,1	0,3
Origan ( <i>Origanum compact</i> )	0,1	0,3
Girofle ( <i>Eugenia aromaticum</i> )	0,1	0,3
Thym à Thymol ( <i>Thymus vulgaris thymoliferum</i> )	0,1	0,3
Boldo ( <i>Peumus boldus</i> )	0,17	0,5
Laurier noble ( <i>Laurus nobilis</i> )	0,43	1,3
<b>TOTAL HE</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
Paraffine	9	27
<b>TOTAL</b>	<b>10 ml</b>	<b>30 ml</b>

**TRAITEMENT " simple dose "**  
administration par voie orale  
(10 ml / chèvre / jour  
pendant 3 jours)

### 2.2. Le traitement double dose

Deux autres élevages ont été consacrés à l'analyse de l'effet du dosage. La composition du traitement « simple dose » est restée identique mais les proportions de chaque huile essentielle ont été doublées pour obtenir un traitement appelé « double dose ». Il est à noter que seule la quantité d'huile essentielle de Boldo n'a été doublée que de moitié en raison de la forte toxicité de l'ascaridole (substance toxique présente dans l'huile essentielle).

	Composition par chèvre	
	par jour	pour 3 jours
<b>noms Huiles Essentielles</b>		
Cannelle ( <i>Cinnamomum cassia</i> )	0,2	0,6
Origan ( <i>Origanum compact</i> )	0,2	0,6
Girofle ( <i>Eugenia aromaticum</i> )	0,2	0,6
Thym à Thymol ( <i>Thymus vulgaris thymoliferum</i> )	0,2	0,6
Boldo ( <i>Peumus boldus</i> )	0,25	0,75
Laurier noble ( <i>Laurus nobilis</i> )	0,9	2,6
<b>TOTAL HE</b>	<b>1,9</b>	<b>5,7</b>
Paraffine	18,1	54,3
<b>TOTAL</b>	<b>20 ml</b>	<b>60 ml</b>

**TRAITEMENT " double dose "**  
administration par voie orale  
(20 ml / chèvre / jour  
pendant 3 jours)

### 2.3. Le traitement fréquence

Suite à plusieurs discussions avec certains éleveurs et le vétérinaire impliqué dans le projet, il semblait intéressant d'aborder le facteur de la fréquence de traitement. Pour cela,

deux types de mélanges ont été conçus, dont un exclusivement composé d'huile essentielle d'ail. Contrairement aux autres traitements, la durée d'application a été allongée, passant ainsi de trois à six jours. Il est également à noter que ces traitements « fréquence » et « ail » ont été répétés tous les mois pendant deux mois. Le suivi coprologique de ce traitement a donc été réalisé à partir du premier jour de traitement du premier mois (mois 1 : J<sub>0</sub>, J<sub>14</sub> et J<sub>21</sub>) et du second mois (mois 2 : J<sub>0</sub>, J<sub>14</sub> et J<sub>21</sub>). L'influence de la fréquence des traitements sur le niveau d'infestation parasitaire a ainsi pu être testée, exclusivement sur un élevage. En effet, l'administration des traitements doit se faire de manière rigoureuse et le suivi coprologique est très exigeant en temps ce qui ne permet pas de faire plusieurs répétitions pour ce facteur fréquence.

	Composition par chèvre	
	par jour	pour 6 jours
<b>noms Huiles Essentielles</b>		
Cajeput ( <i>Melaleuca leucadendron</i> )	0,2	1,2
Laurier noble ( <i>Laurus nobilis</i> )	0,2	1,2
Camphrier à linalol ( <i>Cinnamomum camphora</i> )	0,2	1,2
Ail ( <i>Allium sativum</i> )	0,2	1,2
Boldo ( <i>Peumus boldus</i> )	0,2	1,2
Cannelle ( <i>Cinnamomum cassia</i> )		
Origan ( <i>Origanum compact</i> )	0,3	1,8
Girogole ( <i>Eugenia aromaticum</i> )		
Thym à Thymol ( <i>Thymus vulgaris thymoliferum</i> )		
<b>TOTAL HE</b>	<b>1,3</b>	<b>7,8</b>
Paraffine	8,7	52,2
<b>TOTAL</b>	<b>10 ml</b>	<b>60 ml</b>

**TRAITEMENT " fréquence "**

administration par voie orale  
(10 ml / chèvre / jour  
pendant 6 jours)

	Composition par chèvre	
	par jour	pour 6 jours
<b>noms Huiles Essentielles</b>		
Ail ( <i>Allium sativum</i> )	0,6	3,6
Paraffine	9,4	56,4
<b>TOTAL</b>	<b>10 ml</b>	<b>60 ml</b>

**TRAITEMENT " ail "**

administration par voie orale  
(10 ml / chèvre / jour  
pendant 6 jours)

#### 2.4. Le traitement à base de teinture mère d'absinthe

Un dernier mélange a été conçu en concertation avec le vétérinaire afin de déterminer si les extraits alcooliques sont efficaces contre les SGI d'un point de vue curatif. En effet, les extraits aqueux solubilisent uniquement les métabolites hydrophiles présents dans les plantes tandis que l'alcool mobilise davantage de métabolites, rendant ainsi le mélange plus efficace. L'absinthe (*Artemisia absinthium*) qui est reconnue pour son activité anthelminthique a donc été utilisée pour cet essai. Pour ce faire, un traitement de 50 ml de teinture mère d'absinthe a été administré aux chèvres du lot traité (minimum 12 animaux) d'un des élevages, en une seule application, pareillement à l'étude de TARIQ *et al.* (2009). Le lot témoin (minimum 12 animaux) a quant à lui reçu une dose d'alcool à 40 ° comme placebo.

	Composition par chèvre	
	par jour	pour 10 jours
<b>TRAITEMENT " absinthe "</b> administration par voie orale <b>(50 ml / chèvre / jour)</b> <b>en une administration</b>		
noms Teintures Mères		
Absinthe ( <i>Artemisia absinthium</i> )	50	-
<b>TOTAL</b>	<b>50 ml</b>	<b>-</b>

## IV. L'approche préventive

Contrairement aux traitements curatifs, l'approche préventive est à rattacher à l'utilisation des teintures mères qui sont naturellement moins agressives que les huiles essentielles.

### 1. Choix des individus et suivi du traitement

Pour tester correctement l'efficacité du traitement préventif, il est important que les chèvres soient indemnes de vers adultes et de pré-adultes, c'est pourquoi un traitement chimique est nécessaire. En effet, les traitements préventifs sont généralement appliqués avant d'atteindre le stade infectieux, au moment où le nombre d'individus parasites est relativement bas. Pour simuler cette situation, les chèvres du troupeau sont donc vermifugées à l'aide d'un anthelminthique chimique vendu, sous la marque commerciale de l'Oxfenil®. Cet anthelminthique, qui fait partie de la famille des Benzimidazoles, est administré à raison de 4,4 ml pour 10 kg de poids vif. En moyenne, une base de 60 kg a été déterminée par chèvre, soit une administration de 26,4 ml de produit par animal.

L'efficacité de ce traitement chimique est ensuite testée cinq jours après administration grâce au test FECR. Les résultats de ce test permettent de sélectionner les chèvres pour lesquelles le traitement s'est avéré efficace et qui ont donc un niveau d'infestation très proche de zéro. Suite à cela, les animaux indemnes de parasites vont être répartis de façon aléatoire dans le lot traité (minimum 12 animaux) ou le lot témoin (minimum 12 animaux).

La totalité des chèvres de l'essai pâture à partir du moment où le traitement préventif débute. En ce qui concerne le suivi de l'essai, des analyses coprologiques sont réalisées 23 et 33 jours après le début du traitement étant donné que la période de prépatence<sup>4</sup> des vers est généralement de 21 jours.

<sup>4</sup> prépatence : période nécessaire à la larve du parasite pour atteindre sa forme adulte et produire des œufs, après son ingestion par l'animal.

## 2. Composition du traitement et voie d'administration

Le traitement « préventif » présenté ci-dessous a été élaboré par un vétérinaire du département, en concertation avec un pharmacien. Les teintures mères sont mélangées à la ration de céréales et administrées tous les jours au moment de la traite pour une période de 10 jours. Les chèvres issues du lot témoin reçoivent uniquement de l'alcool à 40 ° mélangé à la ration.

	Composition par chèvre	
	par jour	pour 10 jours
<b>TRAITEMENT " préventif "</b> administration par voie orale (10 ml / chèvre / jour pendant 10 jours)		
Noyer ( <i>Juglans regia</i> )	2	20
Ail ( <i>Allium sativum</i> )	2	20
Tanaisie ( <i>Tanacetum vulgare</i> )	2	20
Absinthe ( <i>Artemisia absinthium</i> )	2	20
Ronce des buissons ( <i>Rubus fruticosus</i> )	2	20
<b>TOTAL</b>	<b>10 ml</b>	<b>100 ml</b>

## V. Les tests inhibiteurs

Un inhibiteur est une molécule qui va bloquer ou provoquer un ralentissement de la croissance bactérienne, rendant ainsi le lait impropre à la transformation fromagère (BRUNET, 2004). Ces tests inhibiteurs sont d'autant plus importants pour les éleveurs laitiers que les grilles de paiement du lait des laiteries se basent sur leurs résultats. Dans le cadre de l'étude, il est donc apparu pertinent d'effectuer ces tests après administration des traitements afin de pouvoir garantir aux éleveurs que l'utilisation des huiles essentielles et des teintures mères n'altère pas la qualité de leur lait. Les tests inhibiteurs sont réalisés par le laboratoire Galilait spécialisé dans les analyses agro-alimentaires. Chaque lot d'animaux (lot traité, lot témoin, lot ail) correspond à un échantillon de lait (Figure 13).



Figure 13 : prélèvement de lait issu des chèvres de l'essai

Pour être exploitable, un échantillon doit contenir au minimum le lait de 10 chèvres. Le lait de chaque chèvre est récupéré manuellement (premier jet jeté) puis mélangé avec le lait

des chèvres issues du même lot dans un flacon de 60 ml prévu à cet effet. Une fois que les prélèvements sont effectués, ils doivent rapidement être conservés au frigo et analysés dans les 24 h.

## **VI. Evaluation qualitative du caractère fromageable du lait**

Même si les éleveurs n'ont jamais observé d'effets indésirables en fromagerie suite aux traitements avec des huiles essentielles et/ou teintures mères, il est important de s'intéresser à l'impact des traitements sur le lait d'un point de vue qualitatif. Pour cela, un groupe de cinq personnes est chargé de « vérifier » le goût du caillé. Le caillé obtenu la veille du commencement des traitements sera alors comparé au caillé obtenu après traitement des chèvres. Concernant la texture et l'aspect du caillé, c'est l'éleveur-fromager qui indiquera un éventuel changement (mou, bullé,...). Cet indicateur est toutefois à nuancer car une multitude de paramètres sont à prendre en considération en fromagerie. D'un point de vue technique, la séparation du lait provenant du lot traité et du lot témoin est difficile. Pour cette raison, seule une analyse sur l'ensemble du lait est réalisée.

## **VII. Le traitement statistique des données**

La totalité des traitements statistiques employés est réalisée via le logiciel XLstat® édition 2014. La signification des différences est appréciée au seuil de 5 % (risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ ).

### **1. L'efficacité des traitements**

Le but des analyses statistiques est de déterminer si les traitements à base d'aromathérapie utilisés dans les essais sont efficaces pour lutter contre le parasitisme interne des petits ruminants. La mise en évidence de cette efficacité est illustrée à l'aide du test de *Kruskal-Wallis*. Le test de *Kruskal-Wallis* est un test non paramétrique qui est utilisé lorsqu'on a  $k$  échantillons indépendants, afin de déterminer si les échantillons proviennent d'une même population ou si au moins un échantillon provient d'une population différente. Des moyennes des lots traités et des lots témoins sont obtenues à partir des résultats coprologiques quantitatifs recueillis tout au long des essais. Le test de *Kruskal-Wallis* est appliqué sur ces moyennes afin de déterminer si une différence significative existe entre lot traité et lot témoin et ce pour chaque type de traitement. Les hypothèses testées sont les suivantes :

**H<sub>0</sub>** : la moyenne des lots traités et des lots témoins est identique ;

**H<sub>1</sub>** : la moyenne des lots traités et des lots témoins présentent une différence significative.

Lorsque la p-value calculée est inférieure au risque d'erreur  $\alpha$  (5 %), l'hypothèse nulle H<sub>0</sub> est rejetée. Inversement, lorsque la p-value calculée est supérieure au risque d'erreur  $\alpha$ , l'hypothèse H<sub>0</sub> est retenue.

### **2. L'influence de la production laitière sur l'efficacité des traitements**

#### **2.1. Mise en évidence des différents niveaux de production laitière**

Dans un premier temps, l'objectif de cette partie est de vérifier qu'il existe réellement des différences de niveaux de production parmi les chèvres d'un même élevage. Ainsi, un test de *Kruskal-Wallis* est appliqué sur les résultats de production de deux catégories :

- moins bonnes laitières : moins de 450 kg lait / lactation ;
- meilleures laitières : plus de 450 kg lait / lactation.

Le test permettra ainsi de mettre en évidence statistiquement les différences de production pour pouvoir ensuite mesurer l'incidence de ces différents niveaux de production sur l'efficacité du traitement.

## **2.2. L'incidence de la productivité laitière sur l'efficacité des traitements**

La mise en évidence d'une éventuelle relation entre l'efficacité du traitement et la productivité des chèvres est visualisée grâce à une analyse de variance (ANOVA). L'incidence de la variable production laitière sur les résultats coprologiques (OpG) par individu a ainsi été testée. Un test de Shapiro-Wilk (test de normalité) est également appliqué pour s'assurer que les données suivent une loi normale. Les hypothèses de départ concernant l'ANOVA sont les suivantes :

**H<sub>0</sub>** : les meilleures et moins bonnes productrices laitières ont réagi de façon identique suite au traitement ;

**H<sub>1</sub>** : les meilleures et moins bonnes productrices laitières ont réagi différemment suite au traitement.

## Partie 3 : résultats et discussion

La mise en œuvre de la méthodologie présentée précédemment a permis d'obtenir les résultats suivants qui sont présentés en trois parties. Tout d'abord, un premier point sera abordé afin de traiter les données recueillies lors des différents traitements utilisés pour les essais curatifs et préventifs. Les traitements statistiques permettront ainsi de mettre en évidence ou non l'efficacité des traitements.

Dans une seconde partie, l'incidence de la production laitière par chèvre sur l'efficacité du traitement simple dose sera exposée afin de savoir si les meilleures ou moins bonnes chèvres productrices laitières réagissent différemment face au traitement.

Enfin, les tests menés en parallèle des essais seront présentés, à savoir, les analyses spécifiques pour *Haemonchus*, les tests inhibiteurs ainsi que les observations faites sur les fromages après traitement.

### I. L'efficacité des traitements

#### 1. Les traitements curatifs

##### 1.1. Le traitement simple dose

Les chèvres de l'élevage A ont atteint très rapidement le seuil de 1 000 OpG de moyenne sur le troupeau. Dès la fin du mois de juin, le traitement simple dose a été mis en place. Les 24 chèvres les plus infestées ont ainsi été réparties aléatoirement dans le lot traité ( $n = 12$ ) ou le lot témoin ( $n = 12$ ) à l'aide d'un échantillonnage aléatoire stratifié (stratified random sample) qui se base sur le classement des OpG. Ainsi, au jour  $J_0$ , la moyenne des OpG du lot témoin et du lot traité était statistiquement identique ( $p$ -value = 0,835 ;  $\alpha = 0,05$ ).

Les résultats coprologiques obtenus à  $J_7$  et  $J_{14}$  ont été analysés via le test de *Kruskal-Wallis*. Au jour  $J_7$ , le lot témoin et le lot traité présentaient des résultats statistiquement différents ( $p$ -value = 0,04 ;  $\alpha = 0,05$ ) ; (Figure 14). Le taux d'infestation du lot témoin a augmenté de près de 53 % tandis que le lot traité a augmenté de seulement 17 %. Toutefois, aucune différence significative n'est observée au jour  $J_{14}$  ( $p$ -value = 0,564 ;  $\alpha = 0,05$ ).

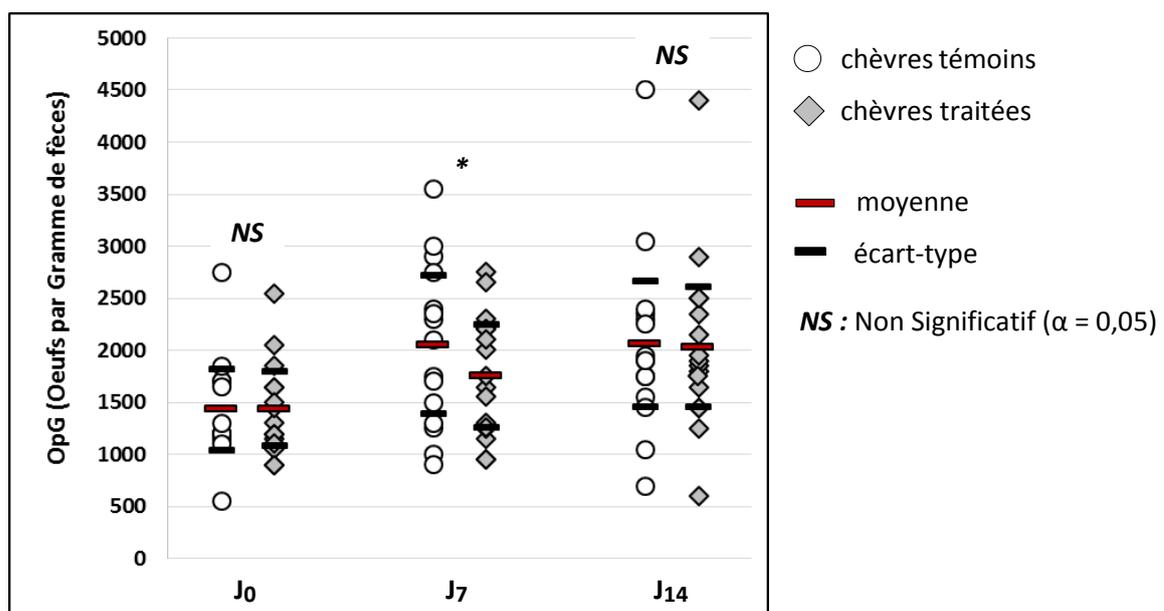
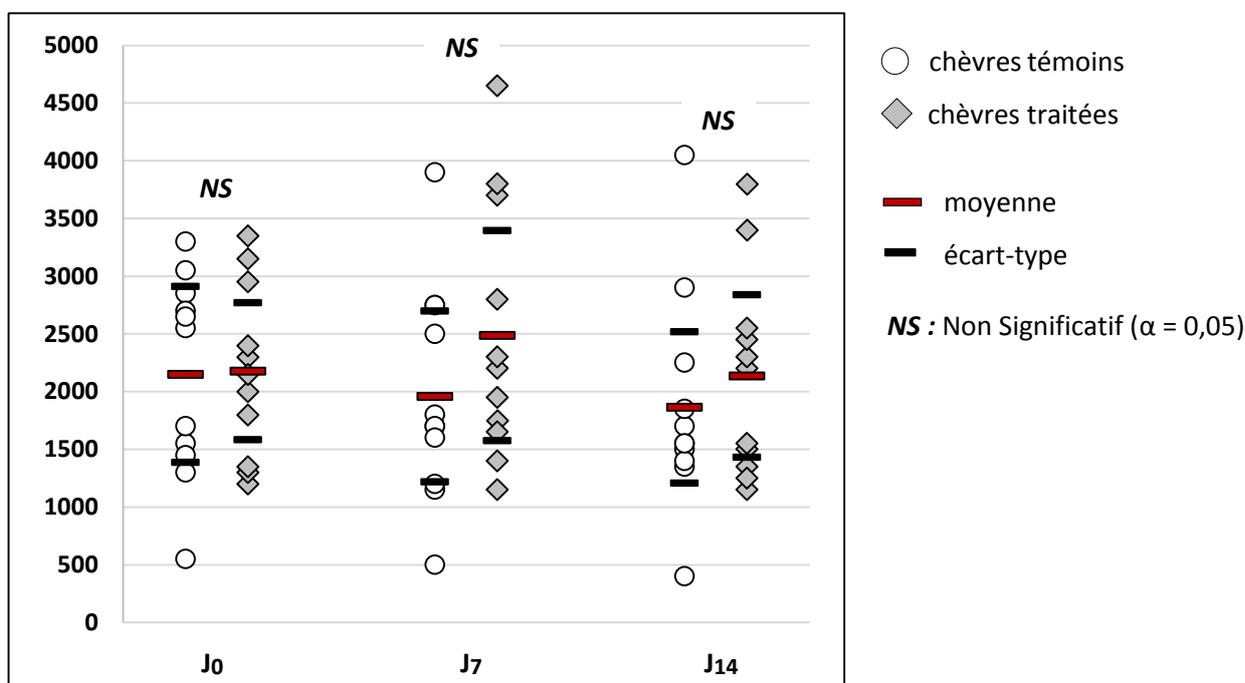


Figure 14 : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage A pour le traitement "simple dose"

Ce constat à J<sub>7</sub> peut s'expliquer par le fait que les huiles essentielles soient efficaces mais qu'elles soient très peu rémanentes et au bout de 14 jours, leur efficacité ne semble plus avérée. Pour conforter cette hypothèse, le travail de BENCHAAR et GREATHEAD (2011) peut être énoncé. Au travers de leurs recherches sur l'activité inhibitrice de la méthanogenèse des huiles essentielles dans le rumen, BENCHAAR et GREATHEAD (2011) ont mis en évidence la capacité des microorganismes à s'adapter et à dégrader les métabolites secondaires des huiles, les rendant ainsi inopérantes.

Sur l'élevage B, l'application du traitement simple dose a été réalisée début juillet avec des moyennes d'infestation de départ (J<sub>0</sub>) plus élevées que sur l'élevage A. Les tests de *Kruskal-Wallis* réalisés à J<sub>7</sub> et J<sub>14</sub> ne mettent aucune différence significative en évidence entre le lot témoin (n = 12) et le lot traité (n = 12) (p-value J<sub>7</sub> = 0,61 ; p-value J<sub>14</sub> = 0,77 ;  $\alpha = 0,05$ ) (Figure 15). Aucune efficacité n'ayant été décelée à J<sub>7</sub> pour cet élevage, l'efficacité potentielle mise en évidence sur l'élevage A peut difficilement être interprétée. Une troisième répétition aurait été nécessaire pour tirer des conclusions.



**Figure 15 :** évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage B pour le traitement "simple dose"

### 1.2. Le traitement double dose

Les essais pour le traitement double dose ont été initiés dans deux autres élevages. Le taux d'infestation était relativement bas en juin et juillet sur l'élevage C. Le seuil de 1 000 OpG a été atteint seulement au début du mois d'août. Les tests *Kruskal-Wallis* n'ont mis aucune différence significative en évidence pour J<sub>7</sub> et J<sub>14</sub> (p-value J<sub>7</sub> = 0,07 ; p-value J<sub>14</sub> = 0,70 ;  $\alpha = 0,05$ ) (Figure 16).

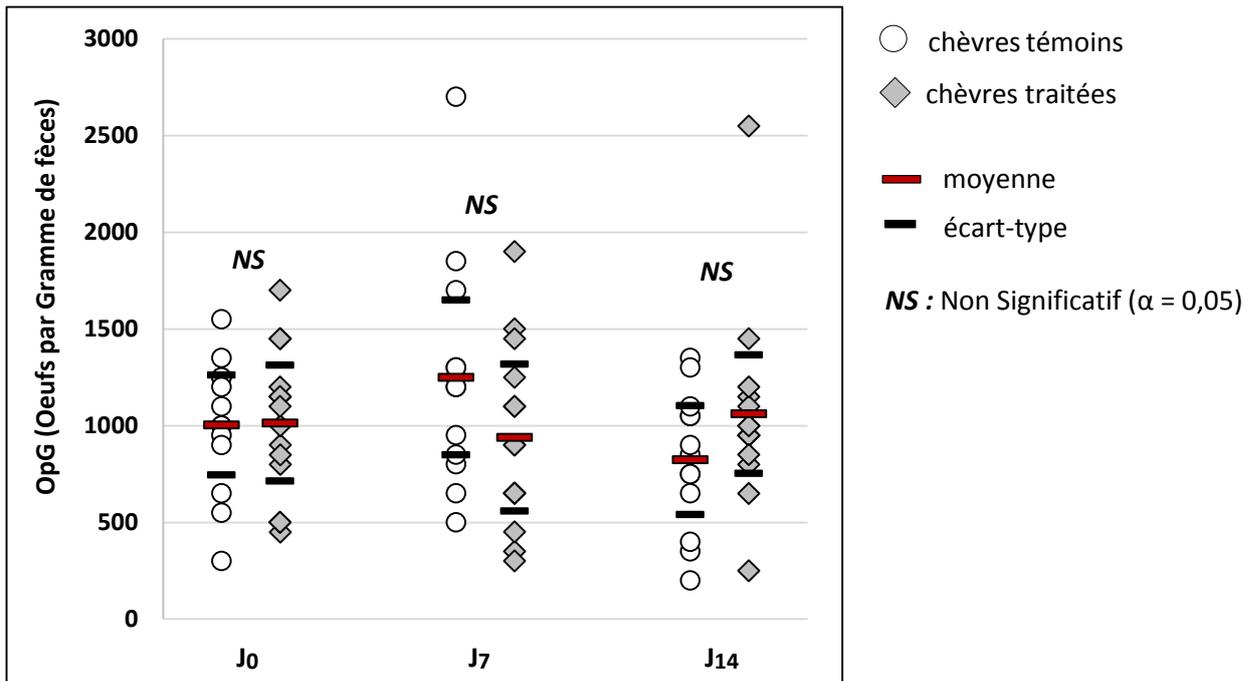


Figure 16 : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage C pour le traitement double dose

Concernant l'élevage D, le seuil de 1 000 OpG n'a jamais été atteint car il semblerait que les chèvres de l'élevage D soient naturellement moins infestées que les autres. Toutefois, l'essai a été mis en place sur des niveaux d'infestation plus bas que sur les autres élevages. Les résultats statistiques (p-value J<sub>0</sub> = 0,73 ; p-value J<sub>7</sub> = 0,24 ; p-value J<sub>14</sub> = 0,45 ;  $\alpha = 0,05$ ) confirment les observations faites sur l'élevage C (Figure 17).

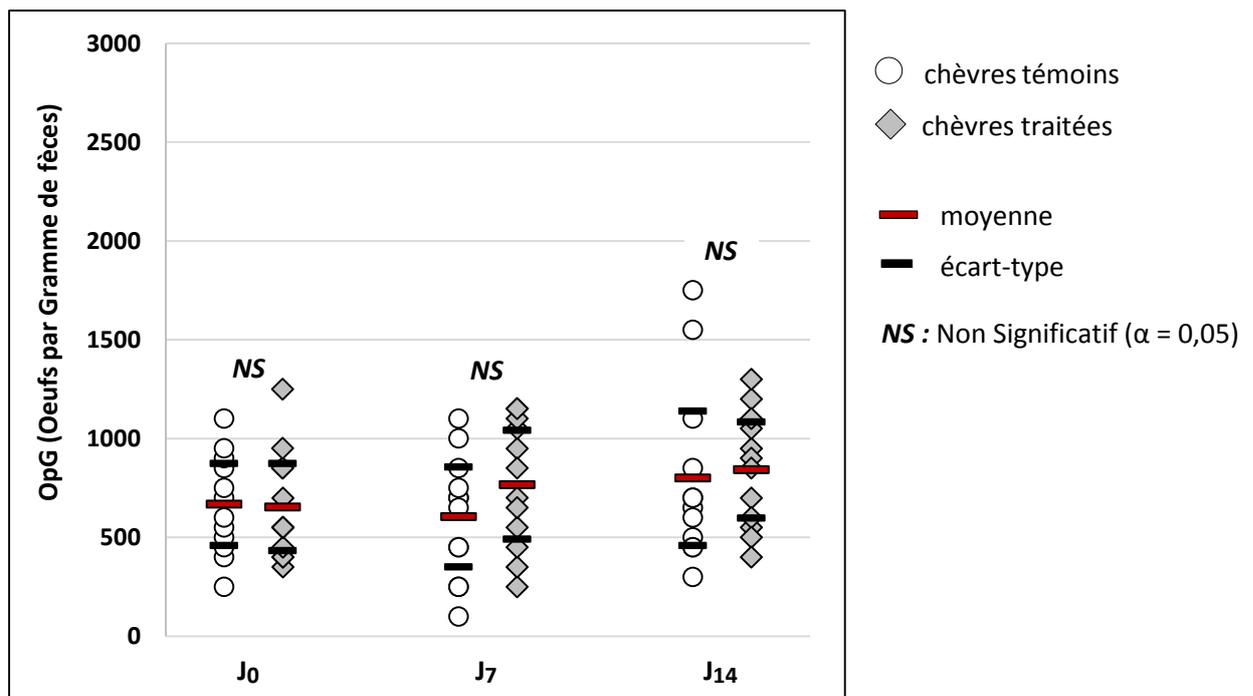


Figure 17 : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage D pour le traitement double dose

Au vu des résultats obtenus, la dose plus concentrée d'huile essentielle ne semble pas modifier l'efficacité du traitement. Ces conclusions sont également à mettre en parallèle avec des études similaires.

L'étude de KATIKI *et al.* (2012) conforte les résultats obtenus pour ces essais de dosage. Des traitements à base d'huile essentielle de *Cymbopogon schoenanthus* ont été administrés à des moutons, à hauteur de 0,2 ml / kg de Poids Vif (PV) pendant trois jours consécutifs. D'autres essais ont également été réalisés à des doses de 0,4 ml / kg de PV, soit 24 ml par brebis (60 kg) et par jour. KATIKI *et al.* (2012) expérimentent donc des doses maximales de 72 ml par animal sur toute la durée de l'essai. Même à des dosages élevés, cette huile essentielle ne semble pas avoir d'effet sur les strongles des brebis adultes. Ces deux dosages ne paraissent pas être efficaces dans la réduction du nombre de nématodes adultes ou d'œufs. Cependant, les tests *in vitro* laissent à penser qu'une efficacité existe (KATIKI *et al.*, 2011).

Une autre étude de KETZIS *et al.* (2002) s'est intéressée à l'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* qui est connue historiquement pour son utilisation comme vermifuge, notamment chez l'Homme. L'auteur administre différents dosages à plusieurs lots de chèvres. Ainsi, des doses de 0,1 ml, 0,2 ml et enfin 0,4 ml d'huile essentielle de *C. ambrosioides* par kg de PV sont testées, en une seule administration. Les deux doses les plus élevées d'huile essentielle, à savoir 0,2 et 0,4 ml / kg PV, n'ont pas eu d'effet sur les taux d'OpG et ont provoqué des réactions indésirables (cœur rapide, salivation,...) chez les chèvres. Bien que l'utilisation, à court terme, de cette huile essentielle ne semble pas être efficace dans la réduction du nombre de nématodes, les tests *in vitro* réalisés dans cette étude montrent que *C. ambrosioides* possède une efficacité pour réduire la viabilité des œufs.

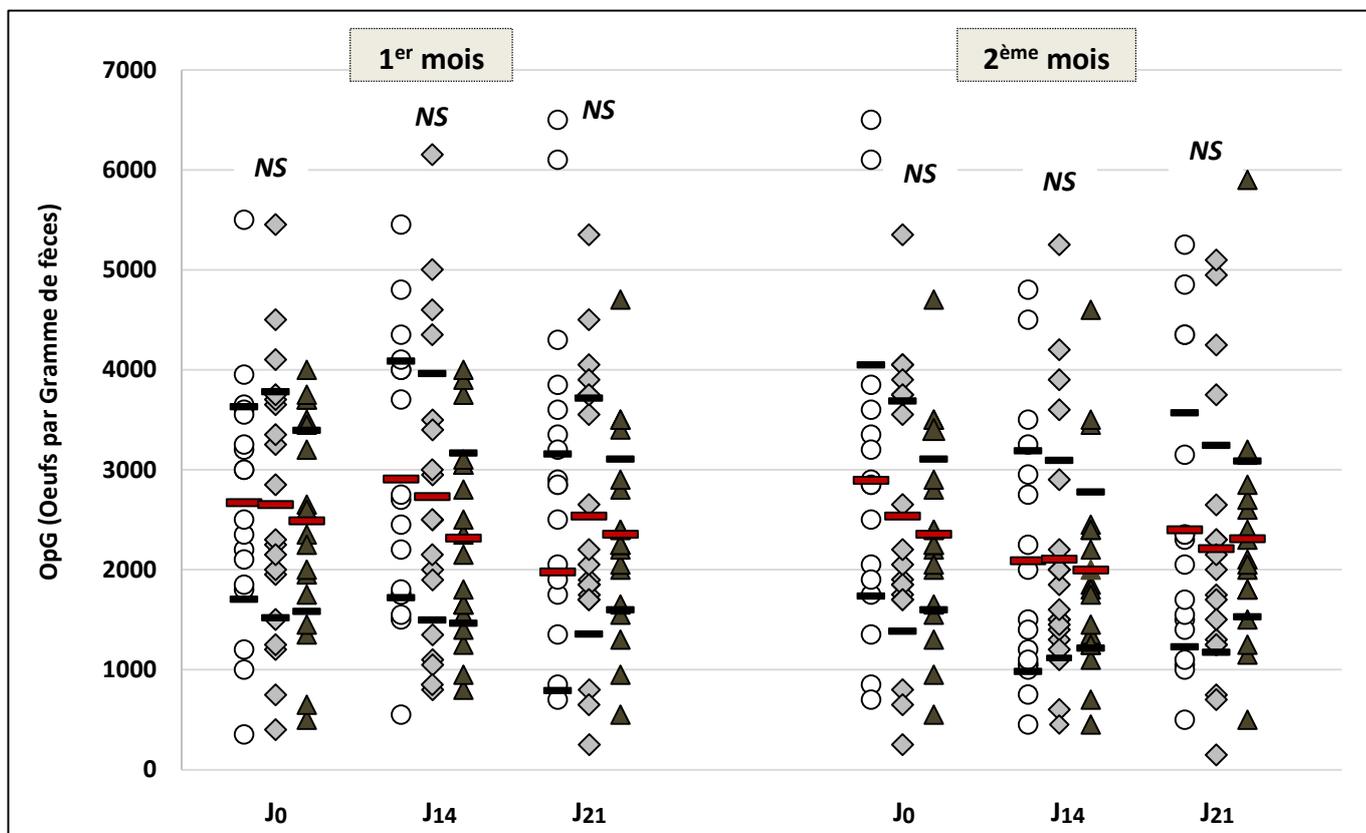
En comparaison avec la littérature, les traitements utilisés dans le cadre de nos essais sont moins dosés en huile essentielle. En effet, le traitement double dose revient à administrer 5,7 ml d'huile essentielle par chèvre pour les trois jours de traitement, alors que KATIKI *et al.* (2012) expérimentent des doses de 72 ml. Il est néanmoins important de noter qu'il s'agit d'un mélange d'huiles essentielles, tandis que la plupart des essais effectués dans la littérature n'utilise qu'une seule huile essentielle en administration. Or, les interactions possibles entre les huiles essentielles sont encore méconnues, de même que leur synergie éventuelle. De la même manière, il aurait été intéressant de connaître l'efficacité de notre mélange *in vitro* sur les vers. En effet, les résultats de l'étude de KATIKI *et al.* (2011) et KATIKI *et al.* (2012) montrent qu'une efficacité existe *in vitro* mais elle n'est pas retrouvée *in vivo*, et ce même à différentes quantités d'huiles essentielles. Pour notre étude, les huiles essentielles administrées sont supposées efficaces mais aucune étude ne permet de vérifier cette affirmation. Les essais réalisés dans le cadre de notre étude ne permettent pas de conclure de manière définitive.

### **1.3. Le traitement fréquence**

A partir du mois de septembre, toutes les chèvres de l'élevage B étaient hautement infestées et ont été sélectionnées pour tester le facteur fréquence de traitement. Ainsi, trois lots de 19 animaux ont été obtenus de façon aléatoire. Un traitement composé uniquement d'huile essentielle d'ail a été ajouté durant cet essai en plus du lot témoin et du lot traité avec le mélange décrit dans la méthodologie. Une autre particularité de cet essai est que la durée des traitements est de six jours contrairement aux autres traitements qui sont appliqués pendant trois jours. Un premier traitement a ainsi débuté au mois de septembre et ce même traitement a été répété au mois d'octobre. La durée du traitement étant plus longue, le suivi coprologique s'est effectué à 14 et 21 jours.

Les tests de *Kruskal-Wallis* réalisés sur les résultats de cet essai ne font pas apparaître de différence significative d'infestation entre les différents lots (mois 1 : p-value  $J_0 = 0,85$  ; p-value  $J_{14} = 0,38$  ; p-value  $J_{21} = 0,30$  ;  $\alpha = 0,05$ ) (mois 2 : p-value  $J_0 = 0,73$  ; p-value  $J_{14} = 0,97$  ; p-value  $J_{21} = 0,76$  ;  $\alpha = 0,05$ ) (Figure 18). Au-delà du point de vue statistique, aucune tendance globale ne semble se dessiner au cours des deux mois d'essais.

- chèvres témoins
- ◇ chèvres traitées
- ▲ chèvres traitées à l'ail
- moyenne
- écart-type
- NS : Non Significatif ( $\alpha = 0,05$ )



**Figure 18 :** évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage B sur deux mois pour le traitement fréquence

L'interprétation des résultats obtenus pour la variable fréquence est d'autant plus difficile à réaliser au vu du peu de documentation scientifique à ce sujet. Il est en effet complexe de prendre du recul et de mettre en parallèle ce traitement étant donné qu'aucune étude similaire n'a encore été publiée.

Les deux mois d'essai réalisés sur cet élevage donnent toutefois une première indication sur l'influence de la variable « fréquence » de traitement. Il aurait cependant été intéressant de prolonger la durée de l'essai sur plusieurs mois pour pouvoir véritablement réfuter l'influence de la fréquence sur l'efficacité des traitements.

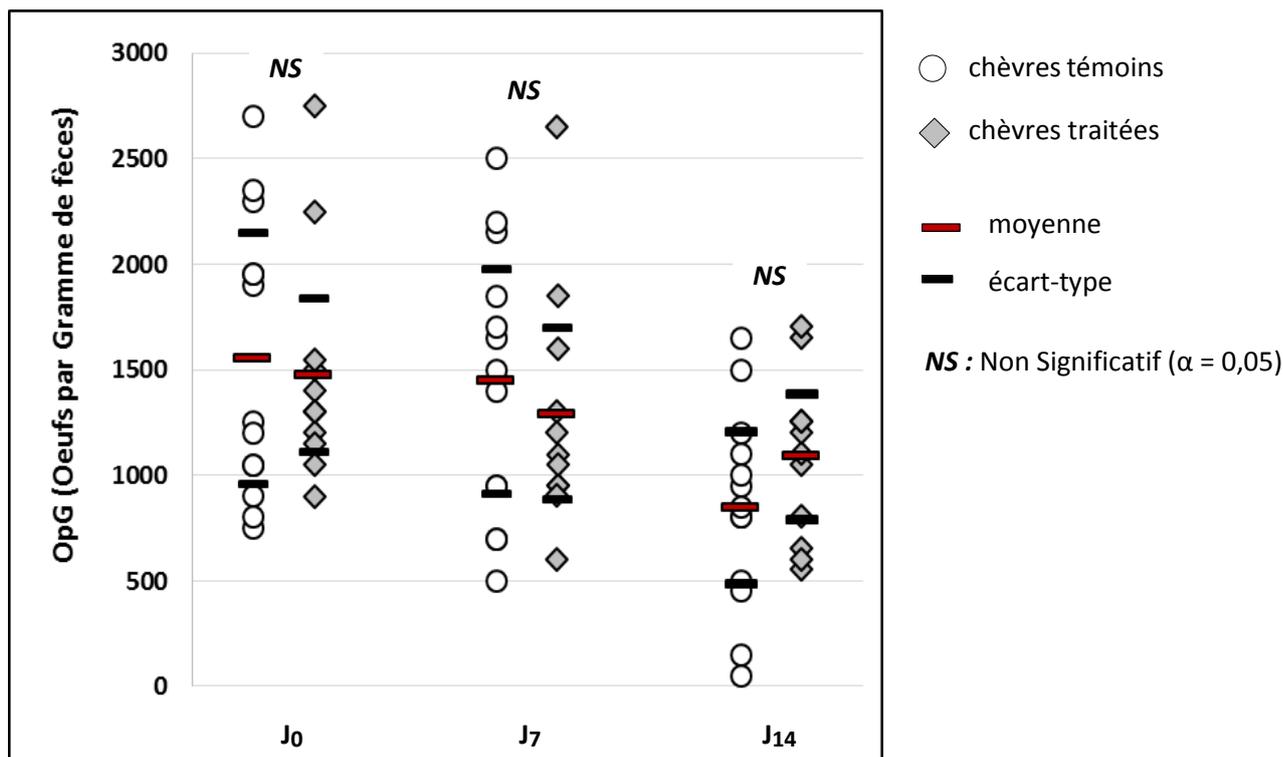
Néanmoins, d'un point de vue strictement économique, le traitement des animaux sur plusieurs mois d'affilée ne devient pas une pratique rentable. En effet, le mélange utilisé pour le traitement fréquence a coûté 1,7 € par chèvre tandis qu'un vermifuge chimique aurait coûté environ 1,3 € (Tableau 1). A l'échelle d'un troupeau de 100 animaux, la différence de prix est de 40 €. Si les traitements à base d'huiles essentielles doivent être appliqués de façon mensuelle comme cela a été fait lors de cet essai, les charges pour les éleveurs augmenteront rapidement.

**Tableau 1** : comparaison du coût d'un traitement aux huiles essentielles et d'un vermifuge chimique

<b>Traitement « fréquence » (6 jours)</b>				<b>Traitement chimique (Oxfenil®)</b>	
<i>Nom Huiles Essentielles</i>	<i>Quantité (en ml)</i>	<i>Prix au 1000 ml</i>	<i>Prix des HE au détails dans le mélange</i>	<i>Prix au 1000 ml</i>	<i>Nombre de doses dans 1000 ml</i>
Cajeput	1,2	50 €	0,06	50 €	38 doses
Laurier Noble	1,2	170 €	0,20		
Camphrier à linalol	1,2	250 €	0,30		
Ail	1,2	160 €	0,19		
Boldo	1,2	600 €	0,70		
Cannelle	0,45	80 €	0,04		
Origan	0,45	145 €	0,07		
Girofle	0,45	160 €	0,07		
Thym à Thymol	0,45	315 €	0,1		
<b>TOTAL</b>			<b>1,7 € / chèvre</b>		
				<b>1,3 € / chèvre</b>	

#### **1.4. Le traitement à base de teinture mère d'absinthe**

Le traitement à la teinture mère d'absinthe n'a pu être appliqué que sur un élevage E par manque de temps. Les résultats de cet essai ne font pas apparaître de différence significative d'infestation (p-value  $J_0 = 0,87$  ; p-value  $J_7 = 0,38$  ; p-value  $J_{14} = 0,15$  ;  $\alpha = 0,05$ ) suite à l'administration du traitement (Figure 19). Ces résultats ne sont toutefois qu'indicatifs étant donné que seule une exploitation ne permet pas de conclure.



**Figure 19** : évolution et répartition des OpG de l'élevage E pour le traitement absinthe

Ces résultats sont à mettre en parallèle avec l'étude de TARIQ *et al.* (2009) menée sur l'évaluation de l'efficacité anthelminthique des extraits aqueux et hydro-alcooliques des parties aériennes d'*Artemisia absinthium* contre les strongles gastro-intestinaux chez les moutons. Lors de ces essais, différentes doses ont été administrées, à savoir, 1 et 2 g / kg PV (pour chaque extrait) au sein de plusieurs lots d'animaux.

Une baisse significative du nombre d'œufs fécaux a été observée dès les premiers jours post-traitement chez tous les animaux traités. L'efficacité maximale (90,5 %) a toutefois été observée chez les moutons traités avec l'extrait hydro-alcoolique à la dose de 2 g / kg PV. Cette meilleure activité des extraits hydro-alcooliques peut être attribuée à la plus grande concentration des principes actifs anthelminthiques contenus dans l'alcool et par une absorption transcuticulaire plus rapide dans le corps des vers, en comparaison avec les extraits de plantes aqueux. L'extrait hydro-alcoolique a montré une efficacité similaire à celle du témoin chimique ce qui confirme la puissante efficacité de l'Absinthe. L'incidence de la dose est aussi une variable intéressante à retenir dans cette étude. En effet, l'efficacité diffère entre les deux doses testées ce qui souligne l'importance du dosage.

Les résultats de cette expérimentation démontrent que ces deux extraits possèdent des propriétés anthelminthiques, notamment sur la paralysie des vers *H. contortus*. TARIQ *et al.* (2009) ont ainsi conforté scientifiquement l'utilisation traditionnelle de l'Absinthe en tant que vermifuge.

## 2. Le traitement préventif

Comme cela a été souligné dans la partie méthodologie, le traitement préventif est effectué à la suite d'un traitement chimique. Un anthelminthique conventionnel, à savoir l'Oxfenil®, de la famille des Benzimidazoles, a donc été administré aux chèvres de l'élevage

A. Le jour de ce traitement chimique, des prélèvements coprologiques ont été effectués. Cinq jours plus tard, d'autres prélèvements coprologiques ont été réalisés en vue de réaliser le test FECR. Les résultats obtenus ont révélé qu'une résistance importante des vers était présente au sein de ce troupeau. En moyenne, une résistance de 37 % (écart-type = 15 %) est enregistrée, ce qui signifie que la réduction fécale des œufs a été de seulement 63 %. Selon la WAAVP, un produit anthelminthique est considéré insuffisamment actif lorsque l'efficacité est inférieure à 80 % (WOOD *et al.*, 1995). Face aux résultats de l'élevage A, le traitement préventif n'a pas pu être mis en place. Les signes de résistance mesurés sur cet élevage attestent l'intérêt et l'urgence de travailler sur des méthodes de lutte alternatives.

Par manque de temps, les élevages B, D et E n'ont pas pu participer aux traitements préventifs. En revanche, les chèvres de l'élevage C ont pu être traitées chimiquement. Bien que les résultats ne soient pas optimaux, le test FECR montre que le traitement à l'Oxfenil® a été relativement efficace sur cet élevage puisque moins de 20 % de résistance ont été détectés. Le traitement préventif appliqué a donné les résultats suivants (p-value  $J_0 = 0,95$  ; p-value  $J_{23} = 0,55$  ; p-value  $J_{33} = 0,84$  ;  $\alpha = 0,05$ ) (Figure 20).



**Figure 20** : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage C pour le traitement préventif

Le test non paramétrique de *Kruskal-Wallis* permet d'affirmer qu'il n'existe pas de différence significative entre les lots témoins et traités dans le cas de ce traitement préventif. Le manque de répétitions pour ce traitement présente toutefois une limite importante et ne permet pas de conclure de façon précise.

## II. L'effet de la production laitière sur l'efficacité des traitements

L'effet de la production laitière sur l'efficacité des traitements a été étudiée pour les deux élevages ayant reçu le traitement curatif simple dose. En effet, ces deux exploitations sont adhérentes aux services du contrôle laitier et disposent de suffisamment de données sur la production laitière de leurs chèvres. Etant donné que seuls les élevages A et B disposent des services du contrôle laitier, cette analyse n'a pas pu être réalisée sur les autres élevages. En résumé, seul le traitement simple dose a été traité selon cette approche.

## 1. Deux niveaux de production statistiquement différents

Dans un premier temps, l'objectif a été de tester statistiquement la différence des deux catégories de production, à savoir les meilleures laitières (> 450 kg lait / lactation) et les moins bonnes laitières (< 450 kg lait / lactation). Ainsi, le test de *Kruskal-Wallis* effectué sur la production laitière de l'élevage A met en évidence une différence significative de production ( $p$ -value = 0,0001 ;  $\alpha = 0,05$ ). Le second test de *Kruskal-Wallis* réalisé sur l'élevage B conforte également la différence significative des deux niveaux de production laitière sur cet élevage. Ces deux tests permettent de justifier les différences de niveaux de production.

Dans les parties suivantes, les résultats coprologiques obtenus tout au long des essais sont analysés au travers de l'ANOVA en prenant en compte le niveau de production de chaque chèvre.

## 2. Les résultats de l'ANOVA

### 2.1. L'élevage A

Il est intéressant de rappeler que les chèvres les plus productives sont généralement les plus infestées par le parasitisme (HOSTE *et al.*, 1999). Partant de ce constat, nous nous sommes interrogés sur l'éventuelle capacité des moins bonnes laitières à mieux répondre au traitement. L'intérêt de l'ANOVA était donc de déceler une éventuelle efficacité « cachée » parmi toutes les chèvres de l'essai.

L'ANOVA effectuée sur les données de l'élevage A n'a mis aucune différence en évidence concernant l'efficacité du traitement entre les bonnes et les moins bonnes laitières ( $Pr > F$  pour  $J_0 = 0,87$  ;  $Pr > F$  pour  $J_7 = 0,72$  ;  $Pr > F$  pour  $J_{14} = 0,94$  ;  $\alpha = 0,05$ ). L'exclusion de deux données atypiques n'a pas engendré de modification concernant l'interprétation de cette ANOVA.

### 2.2. L'élevage B

De la même manière, l'ensemble des données recueillies pour l'élevage B a été soumise au test ANOVA.

Les résultats statistiques indiquent là aussi que le suivi de l'infestation est statistiquement identique entre les meilleures et les moins bonnes laitières ( $Pr > F$  pour  $J_0 = 0,35$  ;  $Pr > F$  pour  $J_7 = 0,99$  ;  $Pr > F$  pour  $J_{14} = 0,28$  ;  $\alpha = 0,05$ ). Les résultats des tests statistiques obtenus pour l'élevage B confirment les observations faites pour l'élevage A. Il est ainsi possible de soutenir l'idée que le niveau de production des chèvres n'influe en rien l'efficacité du traitement.

## III. Les tests menés en parallèle

### 1. Les tests spécifiques pour l'identification d'*Haemonchus*

Les analyses spécifiques à l'identification d'*Haemonchus*, réalisées au cours de chaque essai en élevage ont été statistiquement identiques avant et après traitement (Tableau 2). Les résultats de l'élevage C présentent néanmoins des résultats non représentatifs, en raison d'une erreur de manipulation lors des prélèvements. Ils n'ont donc pas été pris en compte dans l'interprétation des résultats.

**Tableau 2** : principaux résultats obtenus aux tests *Haemonchus* réalisés lors des essais

	Avant traitement		Après traitement (1 semaine)		Après traitement (2 semaines)	
	lot traité	lot témoin	lot traité	lot témoin	lot traité	lot témoin
<b>Elevage A</b> <i>traitement simple dose</i>	-	-	-	-	-	-
<b>Elevage B</b> <i>traitement simple dose</i>	69 %	73 %	74 %	81 %	83 %	80 %
<b>Elevage C</b> <i>traitement double dose</i>	53 %	30 %	12 %	50 %	-	-
<b>Elevage D</b> <i>traitement double dose</i>	22 %	13 %	18 %	14 %	17 %	28 %
<b>Elevage E</b> <i>traitement absinthe</i>	19 %	8 %	29 %	30 %	32 %	27 %

Il semblerait donc que ces traitements ne soient pas efficaces pour la lutte contre les strongles gastro-intestinaux et spécifiquement contre *Haemonchus contortus*. Toutefois, il est important de souligner que chaque élevage débute les essais avec un pourcentage d'*Haemonchus* dans sa population totale qui lui est propre. Il aurait été intéressant de regarder l'incidence de ces traitements sur des animaux infestés artificiellement. L'effectif de la population de vers *Haemonchus* aurait ainsi pu être contrôlé et suivi tout au long de l'essai via les analyses coprologiques.

## 2. Les tests inhibiteurs

Les analyses des prélèvements de lait effectués le lendemain du commencement des traitements sur les chèvres des lots traités et des lots témoins sont ressorties négatives pour la totalité des traitements. Bien que ces tests soient peu exhaustifs, il semblerait que les huiles essentielles administrées ne soient pas transmissibles dans le lait.

D'autres essais réalisés par HALLIER *et al.* (2013) dans des élevages bovins ont mis en évidence que la supplémentation de la ration alimentaire de vaches laitières avec des huiles essentielles ne fait pas apparaître de résidus détectables dans le lait. Cette expérimentation a également été réalisée avec dix fois les doses habituellement utilisées, soit, 600 mg / jour / vache laitière. Selon cette étude, les composés actifs d'huiles essentielles disparaissent très rapidement du lait et deviennent indétectables après seulement quelques heures.

## 3. Le caractère fromageable du lait

Bien que les vérifications réalisées sur les fromages avant et après traitement ne constituent pas des données exhaustives, il est intéressant de les faire apparaître dans cette étude.

Concernant la structure et la texture du caillé, aucun changement particulier ne semble avoir été remarqué par les éleveurs durant toute la période des essais. De la même manière,

aucun goût différent n'est ressorti sur les fromages frais suite au traitement et ce même avec l'utilisation de l'ail qui est réputé pour donner un goût caractéristique au lait (DUVAL, 1994). Dans cette étude, les éleveurs qui utilisent les huiles essentielles pour soigner leur troupeau n'ont pas été confrontés à des problèmes en fromagerie.

A ce stade du projet, il est difficile de réellement conclure sur l'efficacité des traitements aux huiles essentielles ou aux teintures mères. En effet, au vu des résultats peu probants, il apparaît clairement que certains points doivent être éclaircis et améliorés pour la suite de ce travail. Plusieurs propositions sont donc à étudier et à mettre en application pour obtenir une meilleure fiabilité des résultats et être plus représentatif des élevages caprins. Dans un premier temps, des expérimentations complémentaires paraissent nécessaires, notamment les essais *in vitro*. Du point de vue méthodologie et protocole, il pourrait être intéressant de passer du temps sur la maîtrise des élevages concernés par les essais terrains. En effet, il peut être judicieux de disposer des données relatives à l'infestation des pâtures et de pouvoir répéter les essais sur un nombre plus important d'élevages. Un dernier axe peut être investigué sur l'encapsulation des huiles essentielles qui reste un mécanisme peu connu.

Bien que les résultats paraissent peu encourageants, des recherches complémentaires sur l'aromathérapie doivent être effectuées qui demandent des investissements financiers et humains conséquents. L'aromathérapie est un domaine sous-exploité et la recherche doit poursuivre ses investigations en s'entourant de partenaires indispensables tels que des fermes expérimentales, des entreprises spécialisées dans l'extraction végétale ou encore des laboratoires d'analyses.

## Partie 4 : pistes d'amélioration

Comme nous venons de le voir, les essais mis en œuvre tout au long de ce projet présentent certaines limites qui doivent être clarifiées pour continuer à s'intéresser au sujet de « *l'Aromathérapie et du parasitisme interne* ». L'objectif est d'entreprendre une étude sur trois ans qui s'intéresse dans un premier temps à récupérer des informations complémentaires sur les huiles essentielles en amont des applications terrain. Par la suite, il serait intéressant de réitérer les essais terrains en apportant davantage de structuration au protocole d'expérimentation. Enfin, une dernière piste peut être proposée concernant l'intérêt des huiles essentielles en capsule. Les pistes d'améliorations éventuelles sont donc présentées dans la partie suivante.

### **I. Des expériences en amont des applications terrain**

#### **1. Des connaissances enrichies sur les huiles essentielles**

##### **1.1. Des entretiens auprès d'experts**

L'utilisation de la phytothérapie et plus particulièrement de l'aromathérapie en élevage sont des techniques très peu documentées qui demandent pourtant d'être approfondies. Au travers de discussions et de recherches bibliographiques, il est apparu qu'aucun document scientifique n'existait sur l'origine de ces pratiques.

Avant d'amorcer d'autres démarches d'expérimentations, il semble nécessaire d'aborder une première phase de discussions et d'échanges auprès d'experts. Ces rencontres pourraient prendre la forme d'entretiens exploratoires ou d'entretiens semi-directifs. Généralement, ces entretiens ont pour objectif d'élargir ou rectifier le champ d'investigation (QUIVY et VAN CAMPENHOUDT, 2011). Ils permettent ainsi de découvrir d'autres aspects à prendre en considération au sujet de l'aromathérapie tout en s'informant plus précisément sur le thème étudié.

Il pourrait être intéressant de contacter quatre à cinq personnes qui travaillent sur le sujet, comme le docteur Philippe LABRE, qui est à l'origine de plusieurs parutions concernant l'aromathérapie chez les petits ruminants. Qui plus est, ces travaux sont très utilisés sur le terrain par les éleveurs et les vétérinaires qui les conseillent. De la même manière, il serait envisageable d'interviewer des vétérinaires sensibilisés à la phytothérapie. Ces entretiens permettraient ainsi de répondre à des questions récurrentes, à savoir l'origine des mélanges, le choix de la composition des traitements ou encore les principales molécules impliquées dans l'activité anthelminthique des plantes.

##### **1.2. Mesurer la toxicité des huiles essentielles**

Actuellement, très peu de références existent concernant la toxicité des huiles essentielles de façon générale et particulièrement chez les ruminants. La toxicité orale se mesure généralement grâce à la Dose Létale 50 (DL 50) qui est mesurée en g / kg de poids corporel. Dans le cadre de notre étude, l'HE la plus toxique est celle du Boldo, à savoir, 0,13 g / kg de poids corporel. Lorsque la DL 50 est supérieure ou égale à 1 g / kg, l'HE est considérée comme non toxique dans les limites d'utilisation de l'aromathérapie (KALOUSTIAN et HADJI-MINAGLOU, 2012). Certaines informations sont disponibles sur la DL 50 de quelques huiles essentielles, le problème étant que ces DL 50 sont obtenues à partir d'expérimentations menées sur des petits rongeurs (souris, rat, gerbille,...) qui ont un fonctionnement moins complexe que les ruminants. Il existe donc une certaine

méconnaissance des huiles essentielles et de leur dangerosité. De la même manière, la dégradation des huiles dans le rumen est encore incomprise.

La toxicité représente pourtant une information décisive étant donné que certaines huiles essentielles sont nocives et peuvent avoir des effets néfastes sur la santé des animaux. L'huile essentielle de *Chénopodium Ambrosioïdes* (Chénopode anthelminthique), un puissant vermifuge naturel (DUVAL, 1994), a par exemple été interdite aux États-Unis en raison de sa forte toxicité. En effet, l'ascaridole qui est le principe actif de l'essence de Chénopode anthelminthique (EUZEBY, 2008) est une substance extrêmement toxique (BRUNETON, 2009) qui possède des propriétés vermifuges sur certaines espèces de strongles.

Pour pallier à ce manque d'informations, des expériences en station expérimentale sur des chevreaux ou des agneaux semblent nécessaires afin de déterminer et renseigner la DL 50 des huiles essentielles actuellement préconisées pour leur action vermifuge. Le principe consiste à administrer des doses croissantes d'huiles essentielles aux jeunes animaux jusqu'à observer des effets cliniques (effets secondaires). D'un point de vue réglementaire, cette démarche doit être approuvée par les organismes de l'Etat. Ce projet doit toutefois être d'une envergure importante, en s'inscrivant par exemple dans le cadre d'un projet CASDAR (Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural), qui bénéficie généralement de moyens humains et financiers conséquents.

### **1.3. Connaître la composition chimique des HE**

Comme le souligne PAOLINI (2005), les huiles essentielles se présentent généralement sous forme de mélanges complexes pour lesquels il est nécessaire de connaître avec précision la composition avant toute étape de valorisation. La caractérisation d'une huile essentielle est une opération indispensable lorsque l'on souhaite la contrôler, la commercialiser, ou mettre en évidence son éventuelle spécificité.

Bien que ces analyses représentent un coût supplémentaire à l'étude, elles permettent de recenser, de façon exhaustive, les différentes molécules présentes dans l'HE. Il est ainsi possible de détecter la présence d'une substance intéressante qui possède des propriétés anthelminthiques. Pour l'étude de TARIQ *et al.* (2009), l'analyse chimique d'*Artemisia absinthium* a montré que son huile essentielle était riche en thuyone<sup>5</sup>, qui a été signalée plus tôt comme vermifuge (MESCHLER et HOWLETT, 1999).

Généralement, l'analyse des huiles essentielles comporte plusieurs étapes. La première consiste à analyser les huiles essentielles par Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG). Cette technique permet l'individualisation des constituants, leur quantification et le calcul de leur Indice de rétention (Ir). Il est ensuite intéressant d'analyser les résultats de la CPG en les couplant (couplage « en ligne ») avec une technique d'identification spectrale, généralement la Spectrométrie de Masse (SM). L'identification est ensuite réalisée par comparaison des indices de rétention et des données spectrales des constituants individualisés avec les caractéristiques de produits de référence contenus dans des bibliothèques de spectres. Lorsqu'un constituant d'une huile essentielle est inconnu des bibliothèques de comparaison et qu'il n'est pas décrit dans la littérature, il est alors nécessaire de le purifier par distillation fractionnée ou par des techniques chromatographiques préparatives qui aboutissent à l'identification structurale de la molécule (PAOLINI, 2005).

---

<sup>5</sup> la thuyone est une cétone présente sous la forme  $\alpha$  et la forme  $\beta$  qui est plus toxique. Cette molécule est naturellement présente dans l'absinthe et peut provoquer des convulsions et des hallucinations à fortes doses (TAPIERO, 2014)

## **2. L'intérêt des essais *in vitro***

Bien que les essais *in vitro* présentent certaines limites, leur application en expérimentation animale semble nécessaire. Les tests *in vitro* permettent en effet d'évaluer, de façon isolée, les effets des composants à tester. Idéalement, cette approche doit être réalisée en complément de la méthode *in vivo*, qui, elle doit conforter les observations faites lors des tests *in vitro*. Ainsi, l'activité anthelminthique de chaque huile essentielle ou teinture mère utilisée dans le cadre des essais aurait pu être testée au travers des différents tests *in vitro*, présentés ci-dessous. Les résultats de ces analyses *in vitro* sont toutefois à nuancer étant donné qu'il existe des différences importantes entre les différents stades larvaires et le stade adulte des strongles, tant au niveau de la morphologie (type de gaine), que de leur nutrition.

### **2.1. Le test d'éclosion des œufs**

Le principe du test d'éclosion des œufs (« egg hatch assay ») consiste à mettre des œufs de strongles frais à incuber à 25 °C dans différentes concentrations croissantes du principe actif à tester (ZOUITEN, 2006). La proportion d'œufs qui éclot ou meurt est déterminée pour chaque concentration, ce qui permet de tracer une courbe « dose-effet ». La Dose Létale 50 (DL 50) de la population étudiée envers la molécule testée peut ainsi être déterminée. Un témoin est prévu qui consiste à incuber des œufs dans de l'eau.

Pour réaliser ce test, il aurait dans un premier temps été intéressant de rechercher toutes les huiles essentielles susceptibles de posséder une action anthelminthique, sans se limiter aux plantes qui sont potentiellement présentes sur le territoire. Ce n'est qu'après que les huiles essentielles peuvent être testées, une à une, à différentes concentrations.

### **2.2. Le test de développement larvaire**

Les tests d'éclosion et de développement larvaire sont les tests *in vitro* les plus couramment employés et existent sous forme de tests rapides et faciles d'utilisation en routine (IROLA, 2010). Tout comme le test d'éclosion, le test de développement larvaire consiste à mettre en culture des larves L<sub>1</sub> avec des concentrations croissantes d'huiles essentielles. Contrairement au test d'éclosion des œufs, le test de développement larvaire reprend tous les stades larvaires, jusqu'à la larve L<sub>3</sub>.

Après centrifugation des fèces, les œufs sont déposés dans des plaques de microtitre contenant une matrice de gélose imbibée de l'huile essentielle à tester. Les plaques sont ensuite incubées à 27 °C avec différentes concentrations d'huiles essentielles. Au bout d'une semaine d'incubation, le pourcentage de développement jusqu'au stade L<sub>3</sub> peut être obtenu. Ce test est relativement délicat à mettre en place mais il permet l'identification des espèces de larves L<sub>3</sub> (SUTHERLAND et SCOTT, 2010).

### **2.3. Le test d'inhibition de la motilité des larves**

L'activité anthelminthique peut également être mesurée grâce à la motilité des larves. La motilité correspond à la faculté d'un organisme de se mouvoir. La paralysie des larves de strongles conduit à leur mort, de façon plus ou moins lente, en fonction des doses testées.

Les larves L<sub>3</sub> sont généralement incubées avec des concentrations variables d'huile essentielle ou de teinture mère. La proportion des larves paralysées par rapport au nombre total de larves de l'essai est ensuite évaluée pour chaque concentration et permet d'obtenir un pourcentage de l'inhibition de la motilité. Il est ainsi possible de réaliser un graphique du pourcentage de mortalité en fonction de la dose testée. Ce graphique permet de connaître la dose pour laquelle la moitié des larves sont touchées.

## **2.4. Tester l'interaction des huiles essentielles**

Une fois l'effet de chaque huile essentielle, prise séparément, mis en évidence, il devient pertinent d'étudier les interactions éventuelles entre chaque composant. En effet, bien que l'activité isolée d'une huile essentielle soit connue, son comportement reste méconnu en mélange. Il n'est pas à proscrire que certaines huiles puissent agir de façon complémentaire tandis que d'autres présentent des effets antagonistes. De la même manière, les interactions possibles avec l'huile de paraffine, généralement utilisée comme excipient dans les mélanges aux HE, sont aussi peu renseignées et c'est pourquoi les combinaisons d'huiles essentielles préconisées pour la lutte vermifuge doivent être testées. En effet, tout comme les produits phytosanitaires, l'action multifactorielle des huiles est un élément qui doit être considéré. L'ampleur de ces tests est toutefois considérable et n'entre pas dans le cadre d'une étude de six mois. L'étude individuelle des huiles essentielles représente déjà un travail laborieux.

Si ces tests *in vitro* avaient été réalisés avant le commencement de l'étude, une première information aurait pu être fournie sur l'effet des huiles essentielles ou des teintures mères sur l'éclosion, le développement ou l'activité des nématodes pour différentes concentrations. Ainsi, certaines huiles essentielles ne possédant pas d'activité anthelminthique aurait pu être éliminées des mélanges et remplacées au profit d'autres HE plus adaptées. Il faut toutefois préciser que l'éventuelle efficacité rencontrée *in vitro* ne traduit en rien une efficacité certaine *in vivo*.

## **II. Une méthodologie ajustée**

Comme le souligne HOSTE *et al.* (2008), il n'existe pas de méthodes scientifiques standardisées pour évaluer l'activité anthelminthique des produits traditionnels vétérinaires. Celles qui sont utilisées actuellement sont des adaptations des tests *in vivo* et *in vitro* utilisés usuellement pour détecter la résistance des parasites aux anthelminthiques chimiques modernes.

### **1. Des élevages similaires en nombre suffisant**

Comme nous l'avons vu tout au long de cette étude, la variabilité entre les élevages est relativement marquée, tant en termes de parasitisme qu'en pratique de pâturage. Les recherches sur l'aromathérapie n'en sont qu'au commencement et l'utilisation d'élevages relativement similaires semble dans un premier temps nécessaire afin de limiter au maximum l'effet de facteurs internes aux élevages.

Bien que la DIRECTION DES MEDICAMENTS VETERINAIRES (2003) du Canada préconise de réaliser deux études de confirmation posologique pour la validation d'un anthelminthique, il serait préférable d'effectuer au moins trois répétitions d'un même traitement. Comme nous l'avons vu lors des essais pour le traitement simple dose, deux répétitions avec des résultats différents ne permettent pas de conclure.

Un maximum d'informations doit être accessible concernant les animaux sélectionnés pour les études expérimentales. Dans notre étude, plusieurs indications n'étaient pas disponibles sur plusieurs élevages, notamment la production laitière et le poids. La DIRECTION DES MEDICAMENTS VETERINAIRES (2003) du Canada recommande de répartir les animaux aléatoirement en blocs répétitifs établis en fonction du poids, de l'âge et de l'infestation parasitaire afin de réduire l'influence de ces facteurs sur les résultats de l'étude. Au vu du nombre de facteurs à considérer et de la nécessité d'avoir des lots témoins au sein de chaque essai, il paraît nécessaire d'augmenter le nombre d'animaux utilisés pour l'étude. Qui plus est, le poids des animaux représente une variable intéressante à considérer dans la mesure où les doses d'huiles essentielles sont généralement exprimées en g par kg de poids

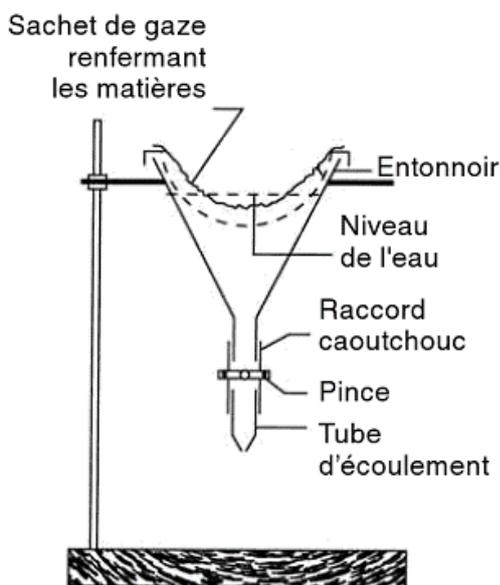
vif. Connaître le poids individuel des chèvres permettrait ainsi d'administrer des doses appropriées à leur corpulence.

## 2. L'environnement des élevages maîtrisé

### 2.1. Mesure de l'infestation des parcelles

Dans l'étude de 2014, aucune information n'a été recherchée sur l'état sanitaire des parcelles qui servent à la pâture des animaux. Il aurait été intéressant de connaître le niveau d'infestation des parcelles utilisées par les éleveurs pour faire pâturer leurs chèvres. Cet indicateur aurait en effet permis de cerner l'environnement parasitaire de chaque élevage est de pouvoir les classer en fonction d'un niveau d'infestation plus ou moins important. En effet, l'estimation du nombre de larves de nématodes présentes dans les pâturages est un indicateur appliqué dans de nombreuses études épidémiologiques (DEMELER *et al.*, 2012).

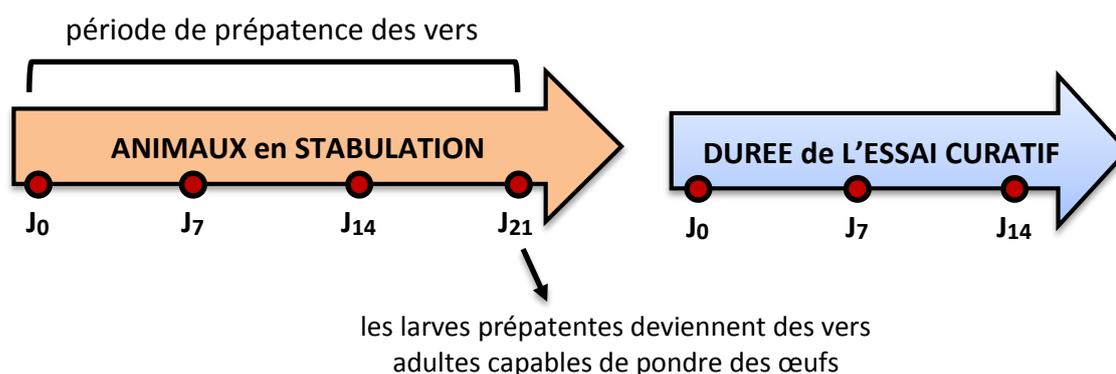
Pour cela, les analyses d'herbe représentent un outil intéressant de mesure. Comme l'ont décrit KRECEK et MAINGI (2004), il existe deux méthodes principales d'analyses d'herbe. Bien que le taux de récupération des larves ne soit pas optimal pour les deux méthodes, elles permettent toutefois de donner une bonne indication de l'évolution du nombre de larves dans les pâturages. La première méthode utilise une sorte de machine à laver de laboratoire qui permet de dénombrer une quantité de larves importante mais reste peu appropriée pour les études de terrain. Le second dispositif, appelé méthode de Baermann (Figure 21), semble davantage convenir au contexte de notre étude, étant donné que la technique demande peu de matériels et d'investissements.



**Figure 21** : schéma du dispositif de l'appareil de Baermann

Il s'agit dans un premier temps de prélever des échantillons d'herbe de façon aléatoire sur trois à cinq pâtures tous les mois. De trois à quatre prélèvements sont effectués pour chaque parcelle. Un prélèvement correspond à 200 g d'herbes récoltées. Selon la technique de GRUNER et RAYNAUD (1980), l'échantillon est ensuite lavé et mis à tremper dans un appareil Baermann rempli d'eau tiède et équipé d'une toile de tulle. Le lendemain, l'herbe est égouttée et mise à l'étuve à 80 °C pendant 48 h pour obtenir son poids en matière sèche. Le culot de l'appareil de Baermann est ensuite récupéré et analysé au microscope afin d'identifier

et dénombrer les larves infestantes L<sub>3</sub> présentes généralement au bout des herbes. Ces analyses d'herbe permettent ainsi de déterminer le nombre et le type de larves infestantes de nématodes et d'obtenir un profil parasitaire de l'élevage. Ceci renseigne sur l'infectiosité des pâturages, exprimée par un nombre de L<sub>3</sub> de SGI / kg d'herbe sèche. Bien que les normes soient variables en fonction des auteurs, d'après SHAW *et al.* (1997), une prairie présentant moins de 1 000 larves / kg de Matière Sèche (MS) est faiblement infestante. Cet indicateur n'est toutefois pas optimal dans la mesure où les résultats peuvent varier de façon considérable si les prélèvements d'herbe ont été effectués près ou non d'un amas de fèces, d'où la nécessité de répéter les échantillonnages tous les mois.



**Figure 22** : schéma explicatif du déroulement de l'essai

## **2.2. Une période d'étable nécessaire**

Face au peu de connaissances sur l'action des huiles essentielles sur les parasites internes, il est important de pouvoir négliger l'action des vers prépatents qui se développeront naturellement en vers adultes. En effet, nous considérons actuellement que les traitements aux huiles essentielles sont susceptibles d'avoir un effet sur les vers adultes car l'action des HE ne peut être vérifiée sur les larves prépatentes et sur les populations de larves en hypobiose. Avec les méthodes d'analyses utilisées actuellement, seule la population de vers adultes peut être estimée au travers du nombre d'œufs de strongles (OpG). Dans l'étude de 2014, les traitements étaient réalisés sans modification spécifique de la conduite d'élevage. Ainsi, les chèvres continuaient à pâturer, avant et après les traitements.

Même dans le cas où les huiles essentielles sont efficaces sur les vers adultes, les larves prépatentes peuvent venir biaiser les résultats dans la mesure où elles pondront des œufs pendant le suivi de l'essai. Il est donc important de pouvoir les négliger. Pour ce faire, avant le commencement de l'essai, il pourrait être envisageable de tenir les chèvres en bâtiment pendant un minimum de 21 jours (Figure 22). Ce laps de temps permettrait de s'assurer que les larves prépatentes deviennent adultes et soient capables de pondre. Les animaux ainsi maintenus à l'intérieur, sans accès à la pâture, ne seraient pas soumis à de nouvelles contaminations.

## **2.3. La nécessité de connaître le niveau de résistance des élevages**

Lors des essais de 2014, la connaissance de la résistance des vers aux anthelminthiques conventionnels a été apportée uniquement au moment de la mise en place des traitements préventifs. Certains élevages présentaient des niveaux de résistance trop importants pour permettre la bonne application des traitements. Ces niveaux de résistance élevés au sein des élevages de l'étude ont donc été une limite considérable au bon déroulement des essais préventifs. Il aurait été judicieux, dès le commencement du projet, de sélectionner les élevages

en mesurant leur niveau de résistance grâce au test FECR. Cette initiative aurait permis d'identifier les élevages lourdement atteints par la résistance pour finalement se concentrer sur les élevages potentiellement utilisables dans le cadre des traitements préventifs.

Dans une moindre mesure, l'application d'un témoin « positif » peut également sembler pertinente. Comme le stipule l'OCDE (2009), dans le cas d'essais de produits, il peut être intéressant d'utiliser deux types de témoins : un témoin « positif » et un témoin « négatif ». Dans notre cas, l'huile de paraffine a servi de témoin négatif. Ce témoin nous a en effet permis de détecter des changements éventuels, non spécifiques au système d'essai, et de vérifier que les conditions d'essai ne provoquent pas de réponse indésirable. Généralement, lorsqu'un anthelminthique chimique est testé, un témoin positif est utilisé (WOOD, 1995). La mise en place d'un témoin chimique peut permettre d'exclure un phénomène de non réactivité totale des animaux. De plus, ce témoin positif donne une indication sur les résultats à obtenir pour considérer le produit comme étant efficace.

### **3. Des analyses coprologiques plus fiables**

Lors de l'étude menée en 2014, nous aurions pu nous interroger quant à la sensibilité de la méthode McMaster. La variabilité biologique de l'animal ainsi que le cycle d'élimination des œufs de strongles étant des paramètres indiscernables, il n'a pas semblé pertinent d'utiliser une méthode de comptage qui se veut plus sensitive.

D'autres aménagements concernant la méthode auraient toutefois pu être réfléchis. Dans un premier temps, il aurait été préférable que les prélèvements de fèces contiennent la même quantité d'eau. En effet, lors des essais, les animaux peuvent contracter des diarrhées pour des raisons multiples et les crottes sont ainsi plus molles. Ces fèces contiennent plus d'eau et cela dilue la suspension obtenue lors de l'analyse coprologique (NIEZEN *et al.*, 1998). Bien que ce facteur puisse paraître négligeable, il aurait été intéressant de mesurer le nombre d'OpG par gramme de Matière Sèche (MS) plutôt que par gramme de Matière Fraîche (MF). La solution optimale aurait été de prélever des quantités plus importantes de fèces par individu (environ 20 g) pour estimer la quantité d'eau contenue dans l'échantillon. Près de 4 g auraient servi à l'analyse McMaster et les 16 g restant seraient passés à l'étuve (105 °C pendant 4 h) puis repesés afin de déterminer le pourcentage d'eau contenu dans les crottes. Il aurait suffi par la suite de ramener le nombre d'OpG par gramme de MS par un produit en croix. Cette manipulation supplémentaire reste majoritairement nécessaire pour les chèvres diarrhéiques.

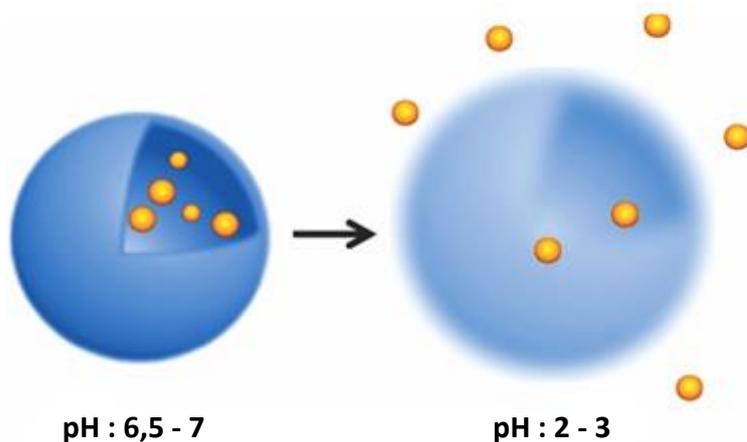
Des interrogations peuvent également émerger concernant la fréquence des prélèvements suite à l'administration du traitement. Lors des essais de 2014, des analyses ont été effectuées le premier jour du traitement, une semaine et deux semaines après. Or, d'après l'expérience de DERVAL (2014), les résultats observables en aromathérapie sont visibles au bout de 12 à 48 heures. Suite à cela, des analyses supplémentaires auraient été appréciées. En effet, il aurait été intéressant de réaliser des analyses coprologiques tous les jours pendant deux semaines à partir du jour de l'administration du traitement afin d'évaluer avec précision l'évolution de la pression parasitaire.

Enfin, un dernier point doit être abordé concernant l'heure de la journée à laquelle doit être réalisé le prélèvement coprologique. D'après RINALDI *et al.* (2009), il existe des écarts diurnaux importants concernant l'excrétion d'œufs de strongles gastro-intestinaux chez la chèvre. Il reste donc judicieux d'effectuer les prélèvements toujours à la même heure pour toute la durée de l'essai afin de limiter l'influence des facteurs biologiques de l'animal qui restent quasi-incontrôlables.

### III. L'huile essentielle en capsule, une piste intéressante

Au-delà de l'aspect dosage, fréquence ou composition des traitements, il est important de s'intéresser au devenir des huiles essentielles dans l'organisme des animaux. L'hypothèse selon laquelle les huiles essentielles administrées sont dégradées par les micro-organismes et n'atteignent pas les organes cibles, mérite d'être abordée. Parallèlement à cela, il est important de garder à l'esprit que les huiles essentielles peuvent aussi passer rapidement dans le sang sans être dégradées par les microbes de la panse. Les essais d'encapsulation permettraient de répondre, en partie, à ce questionnement.

Pour les essais futurs, les tests réalisés *in vitro* vont permettre de sélectionner les huiles essentielles qui détiennent un pouvoir anthelminthique et qui sont susceptibles de jouer un rôle dans la lutte contre les strongles gastro-intestinaux. L'approche *in vivo* est quant à elle plus délicate à réaliser en raison de la multitude de paramètres à considérer. La méthode des huiles essentielles encapsulées représente une solution innovante pour limiter les facteurs qui peuvent influencer sur l'efficacité des huiles essentielles. Ainsi, les variables « internes à l'animal » peuvent être nuancées, telles que l'agressivité des sucs gastriques ou encore la dégradation des huiles essentielles par les micro-organismes. Le principe consiste à insérer les huiles essentielles, jugées efficaces aux tests *in vitro*, dans une capsule qui se dégrade suite à une variation du pH (Figure 23). Ces capsules sont ingérées par l'animal et se dissolvent dans l'estomac, au changement de pH, libérant ainsi les huiles essentielles.



**Figure 23 :** schéma du principe d'action des capsules dégradées par variation de pH

L'objectif de l'encapsulation des huiles essentielles dans des matrices biopolymères naturelles est d'optimiser l'effet biologique des huiles. En 2013, une étude de RIBEIRO *et al.* (2013) utilisant de l'huile essentielle d'*Eucalyptus staigeriana* encapsulée a été réalisée sur des Gerbilles de Mongolie (*Meriones unguiculatus*). Les essais menés *in vivo* sur les gerbilles font apparaître une réduction de la charge parasitaire de 40,5 % avec l'huile essentielle encapsulée et de 46,4 % avec l'huile essentielle d'*E. staigeriana* seule. Ces premiers résultats montrent que l'efficacité de l'huile essentielle seule et de l'huile essentielle encapsulée sont similaires. Dans le cadre de cette étude, il n'y aurait donc, à priori, pas d'optimisation de l'action anthelminthique avec le procédé d'encapsulation. Cependant, de nouvelles formulations favorisant une plus grande pénétration du produit dans la cuticule du parasite et l'optimisation de nouvelles matrices d'encapsulation à libération contrôlée dans la caillette devraient être étudiées prochainement. Ces tests, actuellement réalisés sur des petits rongeurs seraient

intéressants à transposer aux petits ruminants. En effet, les différences anatomiques et physiologiques existantes entre la gerbille et les petits ruminants sont à considérer dans l'évaluation de l'efficacité des huiles essentielles encapsulées.

De plus, ce dispositif peut aussi être adapté pour limiter la volatilité des huiles essentielles. En effet, le caractère volatil des HE peut accélérer le phénomène de résorption de l'huile dans la panse et faciliter sa dégradation.

#### IV. Hiérarchisation des propositions

Les propositions exposées ci-dessus ont été hiérarchisées dans le temps (Figure 24). En effet, certains points sont davantage à prioriser que d'autres. Les recherches approfondies sur la toxicité des huiles essentielles et leur pouvoir anthelminthique *in vitro* présentent un intérêt potentiel dans la mesure où ces travaux constituent une avancée importante pour les études scientifiques futures. Les entretiens auprès d'experts représentent également une opportunité intéressante pour recueillir de nombreuses informations. Ces interviews doivent toutefois être réalisées rapidement afin de poser les bases de ce travail de recherche. Lorsque les HE, jugées intéressantes pour lutter contre le parasitisme, sont identifiées, l'analyse de leur composition chimique devient également une nécessité. Il est en effet intéressant d'identifier les molécules à l'origine de leur activité anthelminthique et de croiser ces informations avec la bibliographie existante. Avant de procéder aux expérimentations terrain qui sont incontournables, les analyses d'herbe peuvent aussi constituer une source d'informations essentielle pour le bon déroulement des essais. Bien que d'autres études soient à prioriser, la piste des HE encapsulée peut également devenir un projet concret qui s'inscrit dans une démarche plus globale.

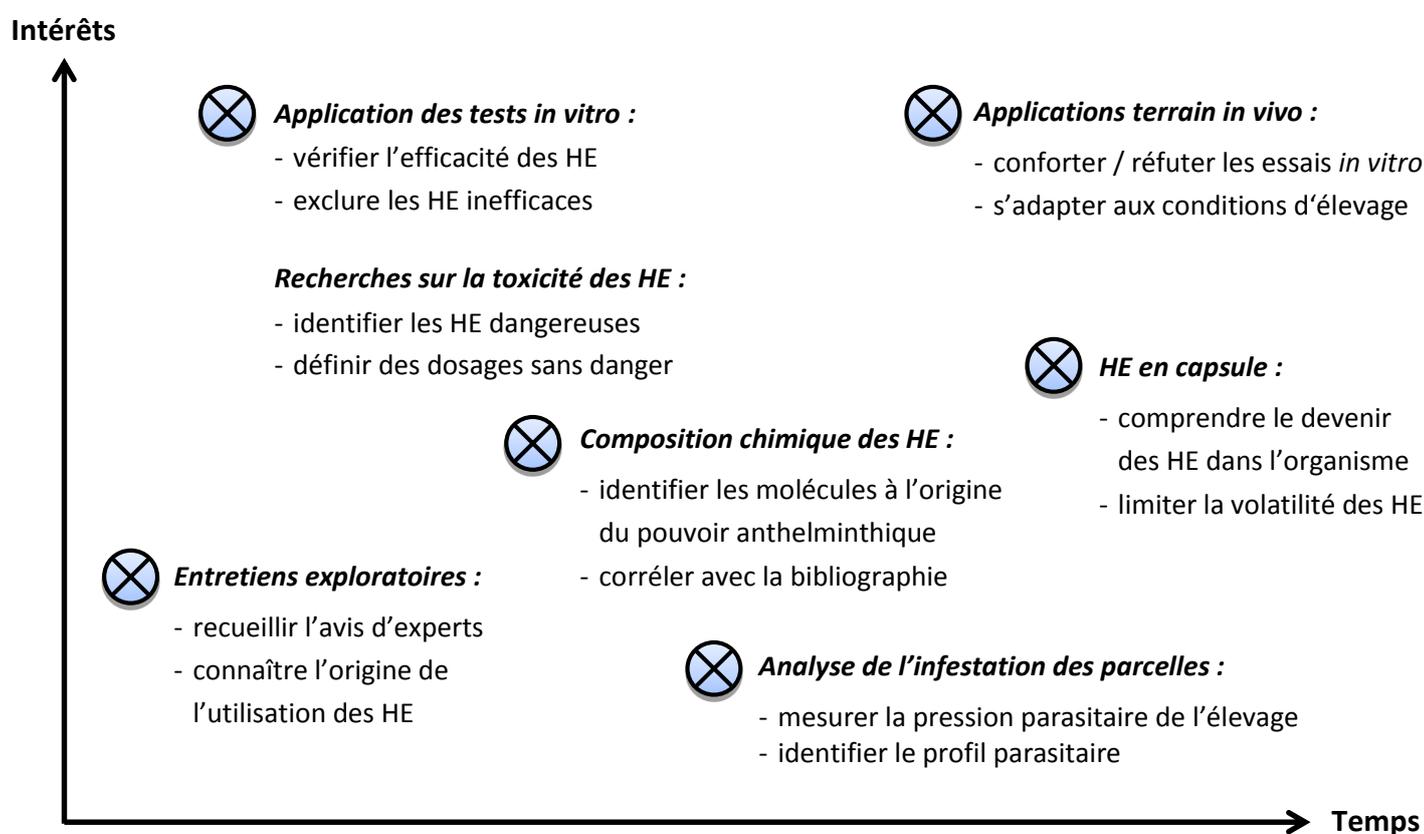


Figure 24 : hiérarchisation des propositions dans le temps

## V. Continuités du projet pour 2015

Les essais menés en 2014 se sont concentrés sur l'utilisation d'extraits de plantes médicinales pour contrôler les parasites internes chez la chèvre. A terme, le sujet de l'aromathérapie doit être traité mais comme nous venons de le voir, certains éléments indispensables manquent pour continuer les recherches sur ce sujet.

Bien que les extraits de plantes représentent un élément important dans la lutte contre les parasites internes chez les petits ruminants, d'autres moyens de contrôle sont à considérer. En effet, les résultats obtenus au cours de nos essais ne permettent pas de conclure quant à l'efficacité réelle de l'aromathérapie sur le parasitisme. Il semble donc intéressant de s'ouvrir à d'autres moyens de lutte qui sont également accessibles par les éleveurs sur le territoire.

### 1. Le volet Sainfoin

Mis à part les traitements en aromathérapie, l'affouragement en sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) représente un moyen de contrôle prometteur. En plus de posséder d'excellentes valeurs nutritives, cette légumineuse est riche en métabolites secondaires (tanins condensés) qui ont une activité contre les parasites. En Suisse, l'intégration de l'affouragement en sainfoin (foin et ensilage) dans les systèmes de contrôle du parasitisme est déjà bien développée et fortement utilisée par les éleveurs caprins et ovins (Figure 25). Pour faciliter la mise en place de cette pratique, une piste a été développée pour utiliser le sainfoin sous forme de bouchons (moins lourd, plus de protéines,...). Sous forme de granulés déshydratés, il peut en effet contenir jusqu'à 4 % de tanins (GAUDIN *et al.*, 2015). En Suisse, les usines de déshydratation sont en train de disparaître, c'est pourquoi la seule solution semble être l'importation de bouchons de sainfoin de l'étranger.



**Figure 25** : culture du sainfoin et utilisation dans les pâtures

La France est le seul pays de l'Union Européenne qui produit des bouchons de sainfoin de haute qualité et en grande quantité grâce à l'entreprise Multifolia. Les sites de production sont basés dans deux régions françaises, à savoir, la Champagne-Ardenne (sainfoin conventionnel) et la Bourgogne (sainfoin biologique). Du fait de leur collaboration antérieure, il existe une bonne relation entre le FiBL et l'entreprise Multifolia qui est intéressée pour fournir des bouchons utilisés dans le cadre d'essais menés en France. Pour la « gamme conventionnel » de bouchons de sainfoin, l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT) est en train d'effectuer des essais. Pour la « gamme biologique », des essais doivent encore être effectués.

Face à ce contexte, l'idée pour 2015 serait donc de réaliser des essais avec les bouchons de sainfoin biologiques chez les caprins et les ovins laitiers dans le secteur de la Biovallée®. Ces essais sont une suite logique dans le cadre d'un contrôle intégré des parasites internes. Bien que la thématique du sainfoin soit largement étudiée, le concept du sainfoin en bouchon peut représenter un sujet d'étude intéressant qui apporte des solutions concrètes et pratiques pour les éleveurs.

Il est toutefois intéressant de noter que l'utilisation du sainfoin est différente de celle de l'aromathérapie dans la mesure où le sainfoin est considéré comme un nutriment. Cette approche consiste en effet à fournir aux troupeaux infestés des fourrages dotés de propriétés anthelminthiques. A l'inverse, en aromathérapie, on oblige les animaux à ingérer les traitements aux huiles essentielles.

## **2. Le volet herbes médicinales**

Les essais menés en 2014 ont conduit à prendre contact avec différentes entreprises spécialisées en production et fabrication d'extraits de plantes (herboristes, extraits, etc.) situées dans la Biovallée®. Une entreprise (Herbarom, 26400 Aouste-sur-Sye) fabrique et commercialise un produit appelé Phyzover® (Annexe 3) pour le contrôle du parasitisme chez les ruminants. Les essais d'efficacité effectués par Herbarom en station, il y a quelques années, étaient limités aux bovins bien que le produit soit également vendu pour les chèvres et les moutons. Phyzover® est composé de plusieurs plantes en poudre qui sont directement administrées aux animaux en mélange avec le concentré ou les céréales de la ration. Le produit s'inscrit donc dans le groupe des produits phytothérapeutiques. L'objectif pour 2015, comme pour le sainfoin, est de tester le produit Phyzover® chez les caprins et les ovins laitiers.

## Conclusion

La résistance aux anthelminthiques est un phénomène généralisé, très fréquent chez les petits ruminants. Face au développement croissant des cas de résistance et à la réglementation qui devient de plus en plus drastique concernant les délais d'attente des produits vétérinaires allopathiques, les éleveurs sont amenés à repenser leur gestion d'élevage.

Malgré le fait que des solutions existent pour limiter l'infestation parasitaire comme la gestion raisonnée du pâturage, les plantes tannifères ou encore l'utilisation de champignons nématophages, les leviers d'intervention sur le parasitisme interne sont réduits. L'aromathérapie, déjà utilisée dans la médecine humaine, peut jouer un rôle dans la recherche de nouvelles solutions. De façon générale, les plantes anthelminthiques ont rarement fait l'objet de travaux spécifiques et les recherches sur l'aromathérapie n'en sont qu'au commencement.

Les essais effectués dans le cadre de cette étude ont dans un premier temps permis d'obtenir des premiers résultats mais surtout font apparaître des points importants à aborder pour la suite des recherches. Les essais « simple dose » mis en place auprès de deux élevages n'ont pas permis de conclure définitivement sur l'efficacité du traitement. Bien qu'une différence significative existe entre le lot traité et le lot témoin, aucune réelle diminution du taux d'infestation n'a été observée. L'effet des traitements « double dose » réalisés n'a quant à lui pas mis de différence significative en évidence dans les différents lots. De la même manière, la variable fréquence de traitement pour laquelle un élevage a été consacré ne fait apparaître aucune diminution du niveau d'infestation. Il est ainsi possible de dire que les traitements utilisés empiriquement par les éleveurs de la région n'ont pas une efficacité suffisante pour lutter contre le parasitisme interne des caprins. En ce qui concerne les tests inhibiteurs réalisés à chaque traitement, les résultats suggèrent que les huiles essentielles ne sont pas rémanentes dans l'organisme de l'animal et sont donc difficilement détectables dans le lait.

Bien que les essais n'aient pas mis en évidence d'efficacité anthelminthique, l'étude aura permis de déterminer les points critiques sur lesquels des recherches approfondies et complémentaires doivent être effectuées dans les années à venir. L'aromathérapie ouvre des perspectives diverses concernant la médication des animaux, toutefois, des renseignements majeurs doivent être obtenus pour pouvoir aller plus loin. Il devient en effet primordial de s'intéresser de plus près au devenir des huiles essentielles dans l'organisme des animaux. De la même manière, l'approche *in vitro* des huiles essentielles est une étape incontournable à réaliser. De façon plus globale, l'environnement des élevages de l'étude doit être mieux connu, notamment en ce qui concerne le niveau d'infestation des pâtures. Des investissements, autant humains que financiers, sont donc à prioriser avant d'envisager d'autres expérimentations terrains.

## Références bibliographiques

- BA H. et GEERTS S., 1998. La résistance aux benzimidazoles des nématodes gastro-intestinaux des petits ruminants en Gambie et au Sénégal. *Revue Elevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 51, pp. 207-210.
- BENCHAAR C. et GREATHEAD H., 2011. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, pp. 338-355.
- BERRAG B., 2008. La résistance aux anthelminthiques chez les ruminants : situation actuelle et mesures de contrôle. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA)*, 168, pp. 1-4.
- BEUGNET F., 2006. La résistance aux antiparasitaires chez les parasites des chevaux. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 159, pp. 77-87.
- BEUGNET F. et KERBOEUF D., 1997. La résistance aux antiparasitaires chez les parasites des ruminants. *Le Point Vétérinaire*, 28, pp. 167-174.
- BOSCO A., RINALDI L., MAURELLI M.P., MUSELLA V., COLES G.C. et CRINGOLI G., 2014. The comparison of FLOTAC, FECPAK and McMaster techniques for nematode egg counts in cattle. *Acta Parasitologica*, 59, pp. 625-628.
- BOUDSOCQ-SILVESTRE A., 2000. Résistance aux benzimidazoles des communautés de nématodes parasites du tractus digestif des petits ruminants - mécanismes génétiques et facteurs environnementaux. Mémoire de fin d'études. Tours : Université François-Rabelais, 165 p.
- BRUNET J., 2004. Méthodes officielles de détection des résidus dans lait de chèvre. *Centre de Ressources et Documentation Caprine*, 36, pp. 1-2.
- BRUNETON J., 2009. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris : Tec & Doc Lavoisier, 1268 p.
- BUSSIERAS J. et CHERMETTE R., 1995. Parasitologie Vétérinaire - Helminthologie. Paris : Maisons Alfort, 299 p.
- CABARET J., 2004. Parasitisme helminthique en élevage biologique ovin : réalités et moyens de contrôle. *INRA Productions Animales*, 17, pp. 145-154.
- CABARET J., 2012. Résistance des strongles aux anthelminthiques chez les ruminants. *Le Point Vétérinaire*, 43, pp. 8-13.

- CABARET J., CHARVET C., FAUVIN A., SILVESTRE A., SAUVE C., CORTET J. et NEVEU C., 2009. Strongles du tractus digestif des ruminants : mécanismes de résistance aux anthelminthiques et conséquences sur leur gestion. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 162, pp. 33-38.
- CAYROL J.C., DIJAN-CAPORALINO C. et PANCHAUD-MATTEI E., 1992. La lutte biologique contre les Nématodes phytoparasites. *Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA*, 17, pp. 31-44.
- CBIP, 2006. Résistance aux anthelminthiques chez les ruminants et le cheval. *Folia Veterinaria*, 4 p.
- CHANAVAL S., 2010. Les pratiques d'utilisation de l'aromathérapie en élevage caprin de Rhône-Alpes. Mémoire de fin d'études. Lyon : ISARA, 58 p.
- CHARTIER C., 2009. Pathologie caprine : du diagnostic à la prévention. Paris : Les Editions du Point Vétérinaire, 325 p.
- CHAUVIN A., 2009. Le risque parasitaire au pâturage et sa maîtrise. *Fourrages*, 199, pp. 255-264.
- CHAUVIN A., QUILLET J.M., CARTRON O. et RENAULT S., 2001. Strongyloses gastro-intestinales en élevage allaitant vendéen. Enquête épidémiologique et proposition d'une méthode de type HACCP. *Rencontre autour des Recherches sur les Ruminants*, 8.
- CIVAM, 2014. Santé des ruminants : gérer le parasitisme interne des ruminants. Toulouse : FRAB Midi-Pyrénées, 4 p.
- COLES G.C., BAUER C., BORGSTEEDE F.H.M., GEERTS S., KLEI T.R., TAYLOR M.A. et WALLER P.J., 1992. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*, 44, pp. 35-44.
- DEMELER J., KNAPP F., MARIO CORTE G., KATZSCHKE O., STEININGER K. et VON SAMSON-HIMMELSTJERNA G., 2012. Recovery of strongylid third-stage larvae from herbage samples: standardisation of a laboratory method and its application in the field. *Parasitology Research*, 110, pp. 1159-1164.
- DERVAL M., 2014. Aromathérapie chez les bovins. *Alter-Agri*, 126, pp. 14-15.
- DIRECTION DES MEDICAMENTS VETERINAIRES, 2003. Ligne directrice à l'intention de l'industrie - recommandations spécifiques relatives à l'efficacité des anthelminthiques chez les caprins. Ottawa : Santé Canada, 9 p.

- DOMINGUES L.F., GIGLIOTI R., FEITOSA K.A., FANTATTO R.R., RABELO M.D., DE SENA OLIVEIRA M.C., BECHARA G.H., DE OLIVEIRA G.P., BARIONI JUNIOR W. et DE SOUZA CHAGAS A.C., 2013. *In vitro* and *in vivo* evaluation of the activity of pineapple (*Ananas comosus*) on *Haemonchus contortus* in Santa Inês sheep. *Veterinary Parasitology*, 197, pp. 263-270.
- DROGOUL C. et GERMAIN H., 1999. Santé animale, bovins, ovins, caprins. Paris : Educagri éditions, 346 p.
- DUVAL J., 1994. Moyens de lutte contre les parasites internes chez les ruminants [en ligne]. Disponible sur : <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab370-04.htm> (consulté le 21/03/2015).
- EGUALE T., TILAHUN G., DEBELLA A., FELEKE A. et MAKONNEN E., 2007a. *Haemonchus contortus* : *in vitro* and *in vivo* anthelmintic activity of aqueous and hydro-alcoholic extracts of *Hedera helix*. *Experimental Parasitology*, 116, pp. 340-345.
- EGUALE T., TILAHUN G., DEBELLA A., FELEKE A. et MAKONNEN E., 2007b. *In vitro* and *in vivo* anthelmintic activity of crude extracts of *Coriandrum sativum* against *Haemonchus contortus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 110, pp. 428-433.
- EUZEBY J., 2008. Grand dictionnaire illustré de parasitologie médicale et vétérinaire. Paris : Tec & Doc Lavoisier, 815 p.
- FAO, 2004. Guidelines resistance management and integrated parasite control in ruminants. Rome : FAO, pp. 78-107.
- FAUVIN A., 2011. Mécanismes moléculaires impliqués dans la résistance au lévamisole chez les strongles digestifs. Mémoire de fin d'études. Tours : Université François-Rabelais, 188 p.
- FONTAINE L., 2003. Les champignons nématophages : une piste prometteuse. *Alter-Agri*, 61, pp. 23-24.
- FOREYT W.J., 2001. *Veterinary Parasitology Reference Manual*. Ames : Blackwell Publishing, 248 p.
- FOURCADE R., 2012. Mise au point sur les méthodes de dépistage des parasitoses chez les bovins. Mémoire de fin d'études. Toulouse : Ecole Nationale Vétérinaire, 169 p.
- GAUDIN E., GERFAULT V., GOMBAULT P., QUIJADA J., GINANE C. et HOSTE H., 2015. Des granulés de sainfoin, solution au parasitisme ? *Réussir la Chèvre*, 327, pp. 28-29.
- GITHIORI J.B., ATHANASIADOU S. et THAMSBORG S.M., 2006. Use of plants in novel approaches for control of gastrointestinal helminths in livestock with emphasis on small ruminants. *Veterinary Parasitology*, 139, pp. 308-320.

- GOSSNER A.G., VENTURINA V.M., SHAW D.J., PEMBERTON J.M. et HOPKINS J., 2012. Relationship between susceptibility of Blackface sheep to *Teladorsagia circumcincta* infection and an inflammatory mucosal T cell response. *Veterinary Research*, 43, pp. 1-11.
- GROSMOND G., 2012. Santé animale et solutions alternatives. Paris : Editions France Agricole, 270 p.
- GRUNER L. et RAYNAUD J.P., 1980. Technique allégée de prélèvements d'herbes et de numérotation pour juger de l'infestation des pâturages de bovins par les larves de nématodes parasites. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 131, pp. 521-529.
- GUINAMARD C., 2013. Elevage caprin et agriculture biologique - Impact sur les résultats techniques et économiques. Paris : IDELE, 19 p.
- HAFSI F., CHINA B. et GHALMI F., 2012. Le monepantel, un nouvel anthelminthique efficace contre les nématodes gastro-intestinaux des ovins. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 156, pp. 66-76.
- HALLIER A., NOIROT V., MEDINA B., LEBOEUF L. et CAVRET S., 2013. Dosage dans le lait de vache de composés actifs d'huiles essentielles administrées par voie orale. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 20, pp. 113.
- HECKENDORN F. et FRUTSCHI MASCHER V., 2014. Contrôler efficacement les parasites internes des bovins par la gestion de la pâture. Bâle : FiBL, Bio Suisse et Fondation Rurale Interjurassienne, 12 p.
- HÖRDEGEN P., HERTZBERG H., HEILMANN J., LANGHANS W. et MAURER V., 2003. The anthelmintic efficacy of five plant products against gastrointestinal trichostrongylids in artificially infected lambs. *Veterinary Parasitology*, 117, pp. 51-60.
- HOSTE H. et CHARTIER C., 1998. Résistance des chèvres aux helminthoses gastro-intestinales : différences avec les moutons. *Le Point Vétérinaire*, 29, pp. 67-74.
- HOSTE H., GUITARD J.P. et PONS J.C., 2003. Pâturage mixte entre ovins et bovins : intérêts dans la gestion du parasitisme par les strongles gastro-intestinaux. *Alter-Agri*, 61, pp. 20-23.
- HOSTE H., LE FRILEUX Y., POMMARET A., GRUNER L., VAN QUACKEBEKE E. et KOCH C., 1999. Importance du parasitisme par des strongles gastro-intestinaux chez les chèvres laitières dans le Sud-Est de la France. *INRA Productions Animales*, 12 (5), pp. 377-389.
- HOSTE H., LE FRILEUX Y., POMMARET A., SOUBEYRAT M. et FERRER M., 2000. Maîtrise du parasitisme par les strongles gastro-intestinaux chez les caprins laitiers : essai d'application ciblée de traitements anthelminthiques. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 7, pp. 91-94.

- HOSTE H., PAOLINI V., PARAUD C. et CHARTIER C., 2006. Gestion non chimique du parasitisme par les nématodes chez les petits ruminants. *Bulletin des Groupements Techniques Vétérinaires*, hors-série, pp. 131-136.
- HOSTE H., TORRES-ACOSTA J.F., ALONSO-DIAZ M.A., BURUNET S., SANDOVAL-CASTRO C. et HOUNZANGBE-ADOTE S., 2008. Identification and validation of bioactive plants for the control of gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Tropical Biomedicine*, 25, pp. 56-72.
- IROLA E., 2010. Le diagnostic et le traitement des parasitoses digestives des équidés. Thèse pour le doctorat vétérinaire : Reims, 190 p.
- JACKSON F. et COOP L., 2000. The development of anthelmintic resistance in sheep nematodes. *Parasitology*, 120, pp. 95-107.
- JURASEK M.E., BISHOP-STEWART J.K., STOREY B.E., KAPLAN R.M. et KENT M.L., 2010. Modification and further evaluation of a fluorescein-labeled peanut agglutinin test for identification of *Haemonchus contortus* eggs. *Veterinary Parasitology*, 169, pp. 209-213.
- KALOUSTIAN J. et HADJI-MINAGLOU F., 2012. La connaissance des huiles essentielles : qualité et aromathérapie : entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. Paris : Springer Verlag France, 210 p.
- KAPLAN R.M., 2004. Drug resistance in nematodes of veterinary importance : a status report. *Trends in Parasitology*, 20, pp. 477-481.
- KATIKI L.M., CHAGAS A.C.S., BIZZO H.R., FERREIRA J.F.S. et AMARANTE A.F.T., 2011. Anthelmintic activity of *Cymbopogon martinii*, *Cymbopogon schoenanthus* and *Mentha piperita* essential oils evaluated in four different *in vitro* tests. *Veterinary Parasitology*, 183, pp. 103-108.
- KATIKI L.M., CHAGAS A.C.S., TAKAHIRA R.K., JULIANI H.R., FERREIRA J.F.S. et AMARANTE A.F.T., 2012. Evaluation of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil in lambs experimentally infected with *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*, 186, pp. 312-318.
- KETZIS J.K., TAYLOR A., BOWMAN D.D., BROWN D.L., WARNICK L.D. et ERB H.N., 2002. *Chenopodium ambrosioides* and its essential oil as treatments for *Haemonchus contortus* and mixed adult-nematode infections in goats. *Small Ruminant Research*, 44, pp. 193-200.
- KÖHLER P., 2001. The biochemical basis of anthelmintic action and resistance. *International Journal for Parasitology*, 31, pp. 336-345.
- KRECEK R.C. et MAINGI N., 2004. Comparison of two techniques used for the recovery of third-stage strongylid nematode larvae from herbage. *Veterinary Parasitology*, 122, pp. 233-243.

- LABRE P., 2007. Phytothérapie & Aromathérapie chez les ruminants et le cheval. Thônes : Editions Femenvet, 352 p.
- LACROUX C., 2006. Régulation des populations de Nématodes gastro-intestinaux (*Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis*) dans deux races ovines, INRA 401 et Barbados Black Belly. Mémoire de fin d'études. Toulouse : Institut National Polytechnique, 234 p.
- LEFRILEUX Y., 2015. Mieux gérer le pâturage pour prévenir le parasitisme. *Réussir la Chèvre*, 327, pp. 22-23.
- LEGARTO J. et LECLERC M.C., 2007. Guide pour la conduite du pâturage caprin. Paris : Institut de l'Élevage, 212 p.
- LEVECKE B., DOBSON R.J., SPEYBROECK N., VERCRUYSSSE J. et CHARLIER J., 2012. Novel insights in the faecal egg count reduction test for monitoring drug efficacy against gastrointestinal nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*, 188, pp. 391-396.
- MACEDO I.T.F., BEVILAQUA C.M.L., DE OLIVEIRA L.M.B., CAMURCA-VASCONCELOS A.L.F., VIEIRA L., OLIVEIRA F.R., QUEIROZ-JUNIOR E.M., TOME A. et NASCIMENTO N.R.F., 2010. Anthelmintic effect of *Eucalyptus staigeriana* essential oil against goat gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*, 173, pp. 93-98.
- MAGE C., 2008. Parasites des moutons : prévention, diagnostic, traitement. Paris : Editions France Agricole, 113 p.
- MARTIN R.J., 1997. Modes of Action of Anthelmintic Drugs. *The Veterinary Journal*, 154, pp. 11-34.
- MATEILLE T. et TAVOILLOT J., 2010. Reconnaître les nématodes phytoparasites. INRA - Santé des Plantes et Environnement [en ligne].
- MEJEAN P., 2013. Vallée de la Drôme / Diois (26) - Biovallée®. [Document interne à l'entreprise]. 13 p.
- MENZIES P., PEREGRINE A., SHAKYA K., AVULA J., FERNANDEZ S., JONES A., KELTON D., MEDEROS A., GUTHRIE A., FALZON L., DE WOLF B., VANLEEUEWEN J., MARTIN R., LEBOEUF A., CORRIVEAU F. et JANSEN J., 2010. Manuel de lutte contre les parasites internes du mouton. Guelph : University of Guelph, 70 p.
- MESCHLER J.P. et HOWLETT A.C., 1999. Thujone exhibits low affinity for cannabinoid receptors but fails to evoke cannabimimetic responses. *Pharmacology Biochemistry & Behavior*, 62, pp. 413-480.
- MOUNPORT D., GRUNER L. et REBOUL G., 1990. Dynamique de l'infestation par les strongles gastro-intestinaux de garrigues pâturées par des ovins en région méditerranéenne. *Annales de Recherches Vétérinaires*, 21, pp. 251-258.

- NIEZEN J.H., WAGHORN G.C. et CHARLESTON W.A., 1998. Establishment and fecundity of *Ostertagia circumcincta* and *Trichostrongylus colubriformis* in lambs fed lotus (*Lotus pedunculatus*) or perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Veterinary Parasitology*, 78, pp. 13-21.
- OCDE, 2009. Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. Paris : éditions OCDE, 1818 p.
- OKOMBE E.V. et PONGOMBO S.E.W., 2013. Suspicion de la résistance au benzimidazoles chez les strongles gastro-intestinaux du caprin à Lubumbashi, R.D. Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7, pp. 2426-2433.
- PAOLINI J., 2005. Caractérisation des huiles essentielles par CPG/Ir, CPG/SM (IE et IC) et RMN du carbone-13 de *Cistus albidus* et de deux Asteraceae endémiques de Corse : *Eupatorium cannabinum subsp. corsicum* et *Doronicum corsicum*. Thèse. Corte : Université de Corse, 344 p.
- PAOLINI V., BERGEAUD J.P., GRISEZ C., PREVOT F., DORCHIES P. et HOSTE H., 2003b. Effects of condensed tannins on goats experimentally infected with *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*, 113, pp. 253-261.
- PAOLINI V., DORCHIES P. et HOSTE H., 2003a. Effets des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez le mouton et la chèvre. *Alter-Agri*, 61, pp. 17-20.
- PAUTRIC-THOMAS S., 2003. Données récentes sur la résistance aux anthelminthiques des strongles gastro-intestinaux des ruminants. Mémoire de fin d'études. Toulouse : Ecole Nationale Vétérinaire, 96 p.
- PELURSON G., 2012a. L'élevage caprin en Rhône-Alpes, la production progresse et se concentre. *Agreste Rhône-Alpes*, 147, pp. 1-4.
- PELURSON G., 2012b. Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales, une filière dynamique aux multiples facettes. *Agreste Rhône-Alpes*, 141, pp. 1-4.
- POYADE G., 2010. S'approprier des méthodes éprouvées. *Biofil*, 69, pp. 41-44.
- QUIVY R. et VAN CAMPENHOUDT L., 2011. Manuel de recherche en sciences sociales. Paris : Editions Dunod, 272 p.
- RIBEIRO W.L., MACEDO I.T., DOS SANTOS J.M., DE OLIVEIRA E.F., CAMURCA-VASCONCELOS A.L., DE PAULA H.C. et BEVILAQUA C.M., 2013. Activity of chitosan-encapsulated *Eucalyptus staigeriana* essential oil on *Haemonchus contortus*. *Experimental Parasitology*, 135, pp. 24-29.
- RINALDI L., MAURELLI M.P., MUSELLA V., SANTANIELLO A., COLES G.C. et CRINGOLI G., 2010. FLOTAC : an improved method for diagnosis of lungworm infections in sheep. *Veterinary Parasitology*, 169, pp. 395-398.

- RINALDI L., VENEZIANO V., MORGOGLIONE M.E., PENNACCHIO S., SANTANIELLO M., SCHIOPPI M., MUSELLA V., FEDELE V. et CRINGOLI G., 2009. Is gastrointestinal strongyle faecal egg count influenced by hour of sample collection and worm burden in goats ? *Veterinary Parasitology*, 163, pp. 81-86.
- RIVRY-FOURNIER C., 2009. Le pouvoir des huiles essentielles. *Biofil*, 65, pp. 43-45.
- ROZETTE L., 2009. Strongles digestifs et pulmonaires chez les caprins. *Bulletin de l'alliance pastorale*, 793, pp. 2-8.
- SEDILLOT B., 2015. Animaux de boucherie - Caprins. *Agreste Conjoncture*, pp. 1-5.
- SHAW D.J., VERCRUYSSSE J., CLAEREBOUT E., AGNEESSENS J. et DORNY P., 1997. Gastrointestinal nematode infections of first-season grazing calves in Belgium : general patterns and the effect of chemoprophylaxis. *Veterinary Parasitology*, 69, pp. 103-116.
- SOULSBY E.J.L., 1983. Helminths, Arthropods and Protozoa of Domesticated Animals. Philadelphie : Lippincott Williams and Wilkins, 809 p.
- SUTHERLAND I. et SCOTT I., 2010. Gastrointestinal Nematodes of Sheep and Cattle. Oxford : Wiley-Blackwell, 256 p.
- TABEL J., SAUVE C., CORTET J., TOURNADRE H., THOMAS Y. et CABARET J., 2009. Fonder l'évaluation de la thérapeutique sur l'individu ou sur le groupe ? Un exemple : homéopathie et strongles digestifs des ovins. *Innovations Agronomiques*, 4, pp. 61-65.
- TAPIERO H., 2014. La chimie des saveurs. Paris : Edk Dufour Krief Eds, 223 p.
- TARIQ K.A., CHISHTI M.Z., AHMAD F. et SHAWL A.S., 2009. Anthelmintic activity of extracts of *Artemisia absinthium* against ovine nematodes. *Veterinary Parasitology*, 160, pp. 83-88.
- VERNEY A., 2014. Chèvres et Pâturage, risque avéré de Parasitisme ? Chambre d'Agriculture Bretagne [en ligne]. Disponible sur : <http://www.capbio-bretagne.com/synagri/chevres-et-paturage-risque-avere-de-parasitisme> (consulté le 27/03/2015).
- VLASSOF A. et MC KENNA P.B., 1994. Nematode parasites of economic importance in sheep in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 21, pp. 1-8.
- WALLER P.J., 2006. Sustainable nematode parasite control strategies for ruminant livestock by grazing management and biological control. *Animal Feed Science and Technology*, 126, pp. 277-289.

WOOD I.B., AMARAL N.K., BAIRDEN K., DUNCAN J.L., KASSAI T., MALONE J.B., PANKAVICH J.A., REINECKE R.K., SLOCOMBE O., TAYLOR S.M. et VERCRUYSSSE J., 1995. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP.) second edition of guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in ruminants (bovine, ovine, caprine). *Veterinary Parasitology*, 58, pp. 181-213.

ZAJAC A.M. et GIPSON T.A., 2000. Multiple anthelmintic resistance in a goat herd. *Veterinary Parasitology*, 87, pp. 163-172.

ZOUITEN H., 2006. Résistance aux anthelminthiques des nématodes parasites du tube digestif chez les ovins et les équidés au Maroc. Thèse de doctorat d'Etat. Rabat : Faculté des Sciences, 141 p.

## Table des figures

<b>Figure 1</b> : principaux œufs de parasites et oocystes présents chez le mouton .....	3
<b>Figure 3</b> : application de FAMACHA chez la brebis .....	3
<b>Figure 2</b> : vers <i>Haemonchus</i> dans la caillette.....	3
<b>Figure 4</b> : cycle de vie des strongles gastro-intestinaux .....	5
<b>Figure 5</b> : nématode capturé dans le réseau d'un champignon nématophage.....	12
<b>Figure 6</b> : principe de la distillation des huiles essentielles par entrainement de la vapeur d'eau .	14
<b>Figure 7</b> : répartition géographique des élevages participant à l'étude .....	18
<b>Figure 8</b> : schéma récapitulatif de la méthodologie générale adoptée .....	19
<b>Figure 9</b> : échantillon de matière fécale après prélèvement et identification de l'échantillon.....	22
<b>Figure 11</b> : observation d'une lame de McMaster au microscope .....	23
<b>Figure 10</b> : lame de McMaster.....	23
<b>Figure 12</b> : marquage des chèvres pour l'identification des lots (témoin et traité).....	24
<b>Figure 13</b> : prélèvement de lait issu des chèvres de l'essai .....	28
<b>Figure 14</b> : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage A pour le traitement "simple dose" .....	31
<b>Figure 15</b> : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage B pour le traitement "simple dose" .....	32
<b>Figure 16</b> : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage C pour le traitement double dose.....	33
<b>Figure 17</b> : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage D pour le traitement double dose.....	33
<b>Figure 18</b> : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage B sur deux mois pour le traitement fréquence .....	35
<b>Figure 19</b> : évolution et répartition des OpG de l'élevage E pour le traitement absinthe .....	37
<b>Figure 20</b> : évolution et répartition des OpG des chèvres de l'élevage C pour le traitement préventif .....	38
<b>Figure 21</b> : schéma du dispositif de l'appareil de Baermann .....	46
<b>Figure 22</b> : schéma explicatif du déroulement de l'essai .....	47
<b>Figure 23</b> : schéma du principe d'action des capsules dégradées par variation de pH.....	49
<b>Figure 24</b> : hiérarchisation des propositions dans le temps .....	50
<b>Figure 25</b> : culture du sainfoin et utilisation dans les pâtures .....	51

## Table des tableaux

<b>Tableau 1</b> : comparaison du coût d'un traitement aux huiles essentielles et d'un vermifuge chimique .....	36
<b>Tableau 2</b> : principaux résultats obtenus aux tests <i>Haemonchus</i> réalisés lors des essais...	40

# Table des matières

<b>Résumé.....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>1</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>1</b>
<b>Sommaire.....</b>	<b>1</b>
<b>Sigles et abréviations.....</b>	<b>1</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Partie 1 : contexte.....</b>	<b>2</b>
I. Le parasitisme par les Strongles Gastro-Intestinaux (SGI).....	2
1. Présentation des SGI.....	2
1.1. La classification taxonomique.....	2
1.2. Les principales espèces de SGI.....	2
1.2.1. Haemonchus contortus.....	3
1.2.2. Teladorsagia circumcincta.....	4
1.2.3. Trichostrongylus axei.....	4
1.2.4. Trichostrongylus colubriformis.....	4
1.2.5. Moniezia expansa.....	4
1.2.6. Nematodirus spp.....	4
1.3. Le cycle de vie des strongles.....	5
1.3.1. Une phase externe.....	5
1.3.2. Une phase interne.....	6
1.4. Conséquences de l'infestation.....	6
2. Les anthelminthiques.....	6
2.1. Définition.....	6
2.2. Les différentes familles.....	7
2.2.1. Les Benzimidazoles.....	7
2.2.2. Les Imidazothiazoles.....	7
2.2.3. Les Lactones Macrocycliques.....	7
3. La résistance des vers aux anthelminthiques.....	7
3.1. Définition de la résistance.....	7
3.2. Les facteurs à l'origine de la résistance.....	8
3.2.1. La fréquence d'utilisation.....	8
3.2.2. Le sous dosage et le surdosage.....	8
3.2.3. Utilisation de la même molécule chimique.....	8
3.3. Un problème à l'échelle mondiale.....	8
3.4. Suivi de l'efficacité des traitements : la méthode FECRT.....	10

4. Les solutions alternatives aux anthelminthiques .....	10
4.1. La gestion du pâturage .....	10
4.1.1. Pâturage mixte .....	10
4.1.2. La rotation des pâtures.....	11
4.2. Les traitements ciblés .....	11
4.3. Les plantes tannifères.....	11
4.4. Les champignons nématophages .....	12
4.5. L'activité anthelminthique des plantes et extraits .....	13
II. L'utilisation de l'aromathérapie en élevage .....	14
1. Présentation de l'aromathérapie .....	14
2. Les principales utilisations .....	15
III. Une collaboration scientifique et syndicale.....	15
1. Le FiBL .....	15
2. Le Syndicat Caprin de la Drôme .....	16
3. L'élaboration du projet .....	16
<b>Partie 2 : matériels et méthodes .....</b>	<b>18</b>
I. Présentation des élevages.....	20
1. Pourquoi des élevages biologiques ?.....	20
2. Les cinq élevages .....	20
2.1. Exploitation A.....	20
2.2. Exploitation B.....	20
2.3. Exploitation C .....	21
2.4. Exploitation D .....	21
2.5. Exploitation E.....	21
II. La méthode de prélèvement et les analyses coprologiques .....	21
1. La méthode de prélèvement .....	21
2. Les méthodes de coproscopies quantitatives.....	22
2.1. La méthode McMaster .....	22
2.2. L'identification d' <i>Haemonchus contortus</i> .....	23
III. L'approche curative .....	23
1. Choix des individus et suivi du traitement .....	23
2. Composition des traitements et voie d'administration.....	24
2.1. Le traitement simple dose.....	25
2.2. Le traitement double dose .....	25
2.3. Le traitement fréquence.....	25
2.4. Le traitement à base de teinture mère d'absinthe .....	26
IV. L'approche préventive .....	27
1. Choix des individus et suivi du traitement .....	27

2. Composition du traitement et voie d'administration .....	28
V. Les tests inhibiteurs .....	28
VI. Evaluation qualitative du caractère fromageable du lait .....	29
VII. Le traitement statistique des données .....	29
1. L'efficacité des traitements.....	29
2. L'influence de la production laitière sur l'efficacité des traitements.....	29
2.1. Mise en évidence des différents niveaux de production laitière.....	29
2.2. L'incidence de la productivité laitière sur l'efficacité des traitements .....	30
<b>Partie 3 : résultats et discussion .....</b>	<b>31</b>
I. L'efficacité des traitements .....	31
1. Les traitements curatifs.....	31
1.1. Le traitement simple dose.....	31
1.2. Le traitement double dose .....	32
1.3. Le traitement fréquence.....	34
1.4. Le traitement à base de teinture mère d'absinthe .....	36
2. Le traitement préventif .....	37
II. L'effet de la production laitière sur l'efficacité des traitements.....	38
1. Deux niveaux de production statistiquement différents .....	39
2. Les résultats de l'ANOVA .....	39
2.1. L'élevage A.....	39
2.2. L'élevage B.....	39
III. Les tests menés en parallèle .....	39
1. Les tests spécifiques pour l'identification d' <i>Haemonchus</i> .....	39
2. Les tests inhibiteurs .....	40
3. Le caractère fromageable du lait.....	40
<b>Partie 4 : pistes d'amélioration .....</b>	<b>42</b>
I. Des expériences en amont des applications terrain .....	42
1. Des connaissances enrichies sur les huiles essentielles.....	42
1.1. Des entretiens auprès d'experts .....	42
1.2. Mesurer la toxicité des huiles essentielles .....	42
1.3. Connaître la composition chimique des HE .....	43
2. L'intérêt des essais <i>in vitro</i> .....	44
2.1. Le test d'éclosion des œufs .....	44
2.2. Le test de développement larvaire .....	44
2.3. Le test d'inhibition de la motilité des larves .....	44
2.4. Tester l'interaction des huiles essentielles .....	45
II. Une méthodologie ajustée .....	45

1. Des élevages similaires en nombre suffisant .....	45
2. L'environnement des élevages maîtrisé .....	46
2.1. Mesure de l'infestation des parcelles .....	46
2.2. Une période d'étable nécessaire.....	47
2.3. La nécessité de connaître le niveau de résistance des élevages.....	47
3. Des analyses coprologiques plus fiables.....	48
III. L'huile essentielle en capsule, une piste intéressante.....	49
IV. Hiérarchisation des propositions .....	50
V. Continuités du projet pour 2015.....	51
1. Le volet Sainfoin .....	51
2. Le volet herbes médicinales.....	52
<b>Conclusion .....</b>	<b>53</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>54</b>
<b>Table des figures .....</b>	<b>63</b>
<b>Table des tableaux.....</b>	<b>64</b>
<b>Table des matières.....</b>	<b>65</b>
<b>Table des annexes .....</b>	<b>69</b>

## Table des annexes

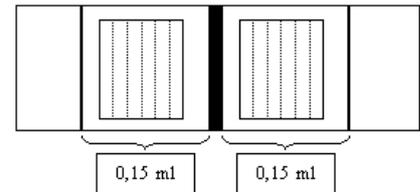
<b>Annexe 1</b> : protocole de la méthode McMaster .....	70
<b>Annexe 2</b> : principaux anthelminthiques utilisés chez les ruminants et leurs AMM.....	71
<b>Annexe 3</b> : fiche technique du produit Phyzover® commercialisé par Herbarom.....	72

## Annexe 1 : protocole de la méthode McMaster

La méthode de Mac Master est une méthode quantitative basée sur le principe de la flottation. Elle permet de déterminer le nombre d'œufs d'helminthes pour 1 g de fèces (OpG).

### ❖ **Matériels nécessaires**

- balance
- chambres de comptage (McMaster)
- mortier / pilon
- éprouvette / passoire à thé / entonnoir
- solution de flottation : NaCl (densité 1,2)
- pissette
- pipette automatique (10 ml)



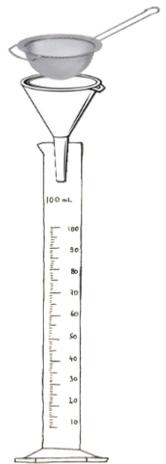
### ❖ **Déroulement**

Dans un premier temps, peser entre 4,0 et 4,3 g de fèces dans le mortier. Rajouter ensuite un fond de solution saturée en sel puis concasser à l'aide du pilon jusqu'à obtenir une solution liquide.

Placer la suspension obtenue sur la passoire à thé comme sur le dispositif ci-contre. A l'aide de la pissette (eau saturée en sel) remplir l'éprouvette jusqu'à 60 ml (jet fort).

Une fois l'éprouvette remplie à 60 ml, bien mélanger la suspension en la brassant avec la pipette automatique (va et vint d'air). Immédiatement après avoir mélangé, aspirer quelques ml de la suspension et remplir la première chambre de comptage McMaster. Homogénéiser encore une fois puis remplir la deuxième chambre. Faire attention de ne pas créer de bulles d'air sous la partie qui sera comptée.

Attendre 5 minutes avant de procéder au comptage. Cela permet aux œufs et kystes de coccidies de flotter. Le comptage des œufs au microscope peut maintenant être effectué avec un grossissement x100 (oculaire x10 et objectif x10).



### **Remarques :**

- pour les échantillons mixtes (provenant de plusieurs animaux), bien mélanger les fèces à l'aide du pilon et mortier.
- éviter de laisser les échantillons dans les chambres plus d'une heure (risque de déformation des œufs).

### ❖ **Calcul des OpG**

Somme des œufs des deux chambres de comptage multipliée par 50\*.

\*60 ml contiennent 4 g de fèces = 1 g dans 15 ml de suspension ; de ce volume 0,3 ml sont comptés (2 chambres de comptage).

Chambre de comptage :  $10 \times 10 \times 1,5 \text{ mm} = 150 \mu\text{l} = 0,15 \text{ ml}$

**Annexe 2 : principaux anthelminthiques utilisés chez les ruminants et leurs AMM**

Familles de produit	Produits commerciaux	Posologies AMM* pour les strongles gastro-intestinaux (en mg/kg)	Temps d'attente lait AMM*	Recommandations d'utilisation dans l'espèce caprine pour les strongles gastro-intestinaux	Prix pour une chèvre de 60 kg (en € H.T)
Famille 1	Synanthic	5 mg/kg	Nul	10 mg/kg	0,7
	Panacur	5 mg/kg	Nul	10 mg/kg	0,7
Benzimidazoles	Rintal	5 mg/kg	Nul	10 mg/kg	0,7
	Multispec	15 mg/kg	Interdit	30 mg/kg	0,6
Probenzimidazoles	Valbazen	3.8 mg/kg	Interdit	7.6 mg/kg	0,25
	Némapan	50 mg/kg	6 traites	100 mg/kg	2,3
<hr/>					
Famille 2					
Lévamisole	Lévamisole**	7.5 mg/kg	Interdit	12 mg/kg	0,55
	Ivomec	0.2 mg/kg	Interdit	0.3 mg/kg	0,85
Famille 3 Endectocides= Lactones macrocycliques	Eprinex***	0.5 mg/kg	***	0.75 à 1 mg/kg	1,55
	Dectomax	0,2 mg/kg	interdit		
	Cydectine***	0,5 mg/kg	interdit		

## Annexe 3 : fiche technique du produit Phyzover® commercialisé par Herbarom

### PHYZOVER



Article : PFVRPOPHYZ06-1  
Reference : PHYZOVER

#### DESCRIPTION

Type d'extrait :	Aliment complémentaire
Usage :	Alimentation des animaux
Espèce(s) animale(s) concernée(s) :	Ruminants
Objectif fonctionnel :	Contribue à une gestion raisonnée du risque parasitaire.
Ingrédients :	Poudres de plantes (absinthe, courge, chénopode, fougère mâle, tanaisie, boldo, ail, aunée, thym), lithothamne
Recommandations d'utilisation (Ruminants) :	Incorporer dans l'aliment pendant 10 jours/mois, à renouveler pendant 3 mois consécutifs, à hauteur de: Ruminants: 1 ou 2.5 g/10 kg PV Aliment minéral (100 g/j): 5 kg/T ; Aliment minéral (200 g/j): 2.5 kg/T ; Aliment minéral (300 g/j): 2 kg/T Aliment concentré: 2 kg/T Aliment complet: 1 kg/T
Mention BIO :	Peut être utilisé en agriculture biologique conformément aux règlements (CE) N°834/2007 et (CE) N°889/2008. Cet aliment complémentaire ne peut être distribué aux animaux qu'en complément d'autres matières premières issues de l'agriculture biologique.

#### CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES

Aspect :	Poudre
Couleur :	Vert à brun-vert
Odeur :	Caractéristique

#### CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Densité (à 20°C) méthode interne :	[0.300 ; 0,550]
Pesticides :	Valeur mesurée / 2 < LMR
Métaux lourds :	Arsenic < 4 ppm, Plomb < 10 ppm, Mercure < 0.1 ppm, Cadmium < 0.5 ppm (selon le référentiel GMP, aliments complémentaires)
Fluor :	< 125 ppm (selon référentiel GMP, aliments complémentaires)
Dioxines et PCB :	Dioxine: 0,75 ng OMS-PCDD/FTEQ/kg (référentiel GMP, aliment complémentaire)
Granulométrie :	Valeurs indicatives: < 125 µm : 34 %, > 125 µm : 23 %, > 200 µm : 23.5 %, > 315 µm : 19 %, > 500 µm : 0.5 %

#### CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES

Levures et moisissures norme NF ISO 21149 :	< 10 000 ufc/ml
Entérobactéries :	<1000 ufc/g

Date de création : 12/05/10

Date de modification : 01/07/11

# PHYZOVER

## STOCKAGE

Observations : Le produit est stable dans l'emballage d'origine et stocké dans un endroit sec à température ambiante. Après ouverture, le contenu du sac doit être utilisé dans le mois. Le produit est livré au transporteur en emballage fermé, hermétique et intact.

DLUO : 2 ans

Conditionnement : Sacs de 20 kg, palette de 500 kg

## TRANSPORT :

Transport par route ADR/RID : NON REGLEMENTE

Transport maritime IMDG : NON REGLEMENTE

Polluant marin : Non

Transport aérien IATA : NON REGLEMENTE

Ce document a été établi sur la base de nos connaissances actuelles. De ce fait, les données sont sujettes à révision.  
Copie informatique conforme à l'original.

Plan de contrôle pour: pesticides, métaux lourds, fluor, dioxine et caractéristiques microbiologiques