



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints> ID : 8637

To cite this version :

Fondraz, Manon. *Evaluation de la méthode FAMACHA dans le but de détecter une anémie clinique dans les élevages caprins du Nord-Ouest de l'Argentine*. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2012, 148 p.

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr.

ÉVALUATION DE LA MÉTHODE FAMACHA DANS LE BUT DE DÉTECTER UNE ANÉMIE CLINIQUE DANS LES ÉLEVAGES CAPRINS DU NORD- OUEST DE L'ARGENTINE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

FONDRAZ Manon
Née, le 18 avril 1985 à VIRIAT (01)

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

JURY

PRESIDENT :
M. Alexis VALENTIN

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
M. Philippe JACQUIET
M. Emmanuel LIENARD

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

**Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

Directeur : M. A. MILON

Directeurs honoraires M. G. VAN HAVERBEKE.

M. P. DESNOYERS

Professeurs honoraires :

NEGRE	M. L. FALIU	M. J. CHANTAL	M. BODIN ROZAT DE MENDRES
	M. C. LABIE	M. JF. GUELFY	M. DORCHIES
	M. C. PAVAUX	M. EECKHOUTTE	
	M. F. LESCURE	M. D.GRIESS	
	M. A. RICO	M. CABANIE	
	M. A. CAZIEUX	M. DARRE	
	Mme V. BURGAT	M. HENROTEAUX	

**PROFESSEURS CLASSE
EXCEPTIONNELLE**

M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*

M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*

- M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
- M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
- M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootechne*
- M. **DUCOS DE LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*

- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*
- M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
Mme **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
M **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants.*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- Mle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*

- Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
- M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
- Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*
- M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*
M. **DASTE Thomas**, *Urgences-soins intensifs*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophtalmologie*
- Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- Mlle **PASTOR Mélanie**, *Médecine Interne*

M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales*

M^{lle} **TREVENNEC Karen**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*

M **VERSET Michaël**, *Chirurgie des animaux de compagnie*

A notre président de thèse,

Monsieur le **Professeur Alexis Valentin**
Professeur des Universités
Université Paul Sabatier
Zoologie et Parasitologie

Pour nous avoir fait l'honneur de présider notre jury de thèse,
Hommages respectueux.

A notre directeur de thèse,

Monsieur le **Professeur Philippe Jacquet**
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Parasitologie et Maladies Parasitaires

Pour avoir été l'initiateur de ce projet, pour votre disponibilité, vos conseils avisés et votre
bonne humeur,
Sincères remerciements.

A notre assesseur de thèse,

Monsieur le **Professeur Emmanuel Lienard**
Professeur des Universités
Université Paul Sabatier
Parasitologie et Maladies Parasitaires

Pour avoir accepté de participer à notre jury de thèse,
Sincère reconnaissance.

AGRADECIMIENTOS

Creo que no hace falta decir como lo pasé lindísimo mi año y pico en Argentina...Lamentablemente, ya lo estoy olvidando mi querido castellano desde la vuelta a Francia, pero lo que si queda son las palabras que siguen para agradecer a las personas que conocí en este país encantador, y que me hicieron sentir como la más argentina de las Francesitas...

A mi querida Analía, mi mamá argentina... Por tu sonrisa « de oreja a oreja », siempre, tu paciencia, tu cariño... Me cuidaste por más de un año, me enseñaste tu castellano porteño, la « r » que nunca me salió, me llevaste al gim, a la pileta o a la depilación... O sea fuiste mi chofer ! Me diste tu remedio de vino tinto mezclado con azúcar y canela cuando me enfriaba... Compartiste tu Julieta conmigo a tomar un cafecito cuando me salían las lágrimas... Nunca olvidaré los días pasándola chusmeando sobre la fea polola con dientes enormes o googleando tonterías en nuestra oficina... Por todo eso y aún más : gracias.

A Victor, nuestro viejito, el jefe más cariñoso y paciente que conocí ! Mi tesis es suya, nunca lo habría conseguido sin su ayuda... Incluso cuando no entendía ni una palabra de castellano al llegar a Salta, siempre pude contar con usted y Sandra. Para esta experiencia que nunca olvidaré, le agradezco un monton.

A mi peludo Robertito, la pancita sexy del laboratorio que no sabe modular... Ni pensé un segundo en este tipo de encuentro cuando me fui de Francia ! Me cuesta poner palabras sobre « el quilombo » que vivimos... Siempre estuviste acá, tanto para darme una dirección de carrito para morfar una butifarra de cerdo, como para asegurarte que yo había llevado un abrigo bien calentito cuando me iba de viaje. Para todos estos recuerdos y los otros, nuestros, te mando un beso grande.

A Antonio, mi gruñon narigón. El que más me asustó cuando llegué, fuiste vos ! Con tu bigote y tu mirada seria, precisé un par de semanas antes de descubrir el clown amoroso que sos de verdad... Me enseñaste la receta del dulce de leche, o como picar la cebolla para rellenar las empanadas, o como cebar el mate... Me mostraste como procesar las muestras, me diste tanta risa cuando tratabas de hablar francés o cuando nos contabas tus bromas ! Gracias por haberme cuidado como una propia hija tuya...

A Alicia, mi compañera de tesis, la otra « nueva rubia » del laboratorio ! Me encantaba cuando nos íbamos afuera tipo 20 veces por día para « fumar y hacer una pausa », pasándola bromeando, enseñándome la diferencia entre « aros » y « arroz », o chusmeando sobre los « termos masticables » que conocimos... Fuiste un apoyo imprescindible, te extraño un monton.

A Mercedes y Daniel, la parejita del laboratorio ! Me encantó compartir con ustedes la « novela del mediodía », las aventuras de los chiquitos y los problemas intestinales des los Argentinos ! Un beso grande para los dos.

A Viña, el más trabajador del equipo ! Seguro que usted me ayudó un monton para procesar las muestras, este tesis es tanto la suya como la mía... Pero además, me enseñó las leyendas salteñas, y el orgullo de ser Argentino ! Muchísimas gracias por todo eso.

REMERCIEMENTS

A ma mère, pour ton éternel et incommensurable soutien. Merci pour tes encouragements sans faille tout au long de ces années difficiles, qui m'ont permis de voir enfin le bout du tunnel. Cette vocation, c'est toi qui me l'as transmise. Ceci dit, il faut dire qu'en grandissant avec une mère adepte du sauvetage de poule au bouche à bouche et du recueil de chevreaux maltraités dans les foires à bestiaux, quelle autre voie aurais-je pu choisir ?! Merci de m'avoir toujours soutenu dans mes décisions, souvent à contrecœur, mais toujours dans mon intérêt. Enfin, merci pour ce fort caractère que tu m'as laissé en héritage, « le sale caractère de ta mère » comme le dit si bien papa, qui m'a permis et me permettra encore de franchir tous les obstacles de la vie.

A mon père, pour être « toi », tout simplement. Merci pour cette éducation si particulière, loin des codes de la société, qui a fait de toi un père « unique », c'est le moins que l'on puisse dire ! Ce petit grain de folie que tu as su nous transmettre, à Alice, Romain et moi, restera toujours dans un coin de notre tête, un petit sourire aux lèvres...

A Alice, ma titine, mon modèle de petite sœur... Car oui, tu es parvenue à inverser les rôles ! C'est toi qui me guides, tu me transmets chaque jour un peu de ta générosité sans limite, de ton entrain, de ta joie de vivre communicative. J'espère pouvoir prétendre, un jour, ne serait-ce que t'arriver à la cheville... Avec tout mon amour et ma reconnaissance, petite sœur chérie adorée...

A Romain, mon titou. Cette thèse aura eu le mérite de nous rapprocher, je pense notamment à nos aventures argentino-boliviano-péruviennes qui resteront un souvenir impérissable ! Malgré nos modes de vie et nos centres d'intérêt particulièrement divergents, saches que tu pourras toujours compter sur ton « irresponsable de grande sœur » !

A mes chers grands-parents, vous m'avez vu grandir et m'avez accompagnée tout au long de mon enfance à grands coups de « tomates épluchées à la vinaigrette » les mercredis midi et de cours de grammaire à la sortie de l'école... Vous m'avez quittée beaucoup trop tôt, j'aurais aimé avoir le temps de lire la fierté dans vos yeux, et de vous remercier pour tout l'amour dont vous avez su nous entourer.

A Elise, ma caille, une belle amitié qui dure depuis nos premières couches-culottes ! Ce serait te faire offense que de prétendre pouvoir mettre sur papier à quel point tu comptes pour moi, et combien j'espère que cette relation si particulière, qui nous unit depuis plus de 25 ans, durera au moins jusqu'à l'achat de notre premier dentier !

A Elise, Elodie et Mémé, pour ces années mémorables passées dans notre cher foyer de bonnes sœurs ! Je pense que Sœur « Moustache », Sœur « Baveuse » et Sœur « Cul de bouteille » ont encore en souvenir notre quatuor infernal... Mon départ en Argentine nous a finalement ressoudées, à mon plus grand bonheur ! Merci d'être toujours restées à mes côtés,

et de vous entêter à m'aiguiller tant bien que mal vers un chemin un peu moins tortueux que celui que je peine tant à éviter !

A ma Brenda, tu as été une des plus belles, pour ne pas dire la plus belle de mes rencontres à l'ENVT... Forcément, je pourrais me remémorer nos soirées Grey's ou Desperate, blotties dans ton canapé, dévorant tes « coulants plus que coulant » au chocolat, nos sorties « boubou-boulis » à hurler à tour de rôle d'une voix stridente et complètement inefficace pour éviter que nos bébés à 4 pattes ne se noient dans la rivière, nos séances « stétho-potins » en pleine ronde de bovine, ou encore nos innombrables après-midi « shopping de blondes superficielles »... Mais ce que je retiendrai par-dessus tout, c'est ta douceur, ta générosité, ta capacité à toujours choisir les bons mots lorsque le moral flanche, même et surtout à 8000 km de distance... Merci d'avoir toujours et d'être encore là pour moi, fidèle au poste !

A Aline, l'initiatrice de notre trio de Lévriers Afghans... Ta franchise, ton sens aigu de la répartie et ton côté angoissé chronique m'ont accompagnée au cours de ces 6 dernières années. Ton manque cruel de confiance en toi te rend si attachante, mais crois moi Aline, tu as de l'or entre les mains ! Merci pour tes paroles si touchantes et réconfortantes, qui résonnent encore aujourd'hui dans ma tête...

A Nanard, ma confidente... Tu es assurée d'avoir à chaque fois tous les détails de mes aventures les plus farfelues ! Notre amitié récente, sans doute née de notre intérêt commun pour les mâles robustes et poilus (et je ne suis pas entrain de parler des taureaux...), a été une belle surprise, et je lui souhaite longue vie !

A Clémence, ma partenaire et complice de nombreuses aventures internationales... Que ce soit pour traverser un fleuve à la rame, de nuit et sous une pluie battante dans un recoin perdu du Sénégal, pour partir en charrette « dormir chez l'habitant » au beau milieu de la brousse, pour partager une moustiquaire branlante dans un 8m² occupé par des rats de la taille d'un chat, pour aller boire un verre avec Mathieu Chedid dans un bar branché de Montréal avant de s'empiffrer d'une poutine dégoulinante de fromage caoutchouteux, ou encore pour regarder la retransmission de Sex And The City sur écran géant à Central Park, tu as toujours répondu présente, dans la joie et la bonne humeur ! Merci de m'avoir initiée à la passion du voyage... Cette thèse, c'est un peu grâce à toi !

A Fabien et Germain, merci d'avoir été là, dès mon retour d'Argentine, quand la réalité me rattrapait à grands coups de claques dans la figure. J'ai repris petit à petit le dessus grâce à vos encouragements si « personnalisés » dont vous seuls avez le secret, grâce à nos soirées « à thème » perdus dans l'Allier, pas plus tard qu'hier, ou encore à vos petites notes humoristiques subtilement déposées dans ma boîte aux lettres... Je vous souhaite encore de longues nuits à césariennes en compagnie de nos belles Charolaises...

A Pierre, Thibault, Golden et Diane, en souvenir de toutes nos soirées préchauffe, bien arrosées ! Votre franc-parler si agaçant m'a diablement manqué lors de ma petite escapade à l'autre bout du monde... A nous de rattraper le retard, désormais !

A mon Nonoche, mon cher et tendre binôme de bovine. Ton accent franchouillard, tes blagues douteuses et ton rire pathognomonique, ont fait en sorte que cette dernière année chargée en travail et en émotion passe à la vitesse de l'éclair ! Merci d'avoir été à mes côtés, de m'avoir poussée à me surpasser même quand je mourais d'envie de te balancer à la figure le foie putréfié des vaches d'autops ! Je te souhaite tout le bonheur du monde avec ta Cécile...

A Marielle et Hélène, un petit paragraphe à part pour deux nanas qui ne le sont pas moins (à part !)... Chaque coup de fil, chaque petite visite improvisée est une véritable bouffée d'oxygène ! Merci de prendre de mes nouvelles et de vous attacher à garder contact... Vous serez toujours les bienvenues pour un petit weekend « dégustation de fromages et autres produits régionaux » dans ma petite maison en Auvergne !

Aux copines : Manon, Julie, Marie-Laure, Emilie, La Pince, Aurélie, Laura, Laurie et Valentine, en souvenir de toutes nos petites soirées et nos francs fous rires, des poses de pacemakers sur des chats dans le Colorado, jusqu'aux scanners de lamas en Oregon, en passant par nos efforts vains pour rester concentrées malgré les fesses admirables du prof de tennis, sans oublier les croissants et autres viennoiseries hautement chargées « caloriquement parlant » accompagnant la ronde hebdomadaire de bovine... Merci d'avoir partagé ces années avec moi, tout simplement !

Aux copains : FX, Mumu, Zézette, Gueydon, Martin, Gaston, Michou, Evence, Ed La Menace, Ben et Jean-Da... Pour votre bonne humeur permanente, votre sens de l'humour douteux et votre persévérance voire acharnement dans l'art de me charrier encore et encore, sans relâche... Merci d'avoir fait de notre promo un groupe soudé et joyeux !

A Marina, la rescapée de ces dures années de prépa... Une colle de maths qui a viré au cauchemar ? Tu étais là pour m'apporter ma petite tartelette aux pralines « remonte-moral » ! Une peine de cœur pointait le bout de son nez ? Tu étais encore à mes côtés pour te bidonner devant Ally McBeal... Envie d'une tartiflette en plein mois de juin ou besoin d'un petit tour aux urgences pour brûlures au 3^{ème} degré ? Là encore, tu répondais présente ! Tu as été jusqu'à me présenter toute ta famille lors de nos retrouvailles au Brésil... Ta générosité a toujours été sans faille, mon amitié le sera également... A très bientôt, pour le OUI devant Monsieur le Maire !

Aux amis de lycée : Sam, Delph, Soph, Trini et Xavier. Tant d'années se sont déjà écoulées depuis que nos chemins se sont séparés, le contact est parfois difficile à maintenir, et pourtant je ne peux m'empêcher d'avoir une pensée toute particulière pour vous à cette grande occasion... Après tout, c'est vous les premiers qui avez supporté mes innombrables « je veux être VE-TE-RI-NAIRE !!! », alors ces quelques lignes sont le moindre des remerciements...

A mes amis rencontrés en Argentine, avec qui j'ai fait un bout de chemin plus ou moins long, mais toujours sincère et riche en rebondissements ! Vous resterez toujours dans un coin de ma tête :

Capucine : il a suffi d'un seul cours de step sur fond de Lady Gaga remixé à la sauce argentine pour faire des nous les deux meilleures amies expatriées... scotchées « como culo y

calzón » ! Au grand damne de Mauricio, Mateo et Zoe, qui ont dû me supporter, jour après jour, empanadas après empanadas, asado après asado... La sauce a pris dès le début, sans toi mon aventure argentine n'aurait certainement pas eu le même goût... Pour cette année passée avec toi au milieu des gauchos salteños, un grand merci, du fond du cœur !

Anne et Lola, deux rencontres plus tardives certes, mais inoubliables de part leur intensité ! Avec qui d'autres aurais-je pu être interviewée par la chaîne nationale argentine lors d'un concours de traite de vaches, ou encore être sollicitée comme jury pour une dégustation d'alcool artisanal dans un village perdu de la Cordillère des Andes, ou même gravir un volcan chilien en activité jusqu'à 5600m d'altitude... et sans vomir ! Merci d'avoir ramené un petit bout de France dans ma parenthèse argentine...

Pierre et Josefina, Rocío et David, merci de m'avoir intégrée avec tant de simplicité à votre petit groupe... Nos repas gastronomiques pizza/picadita/glace ainsi que notre fameuse soirée-suicide spéciale « karaoké francophone » resteront de délicieux souvenirs...

Fanny, Sophie, Clarita, la Bebert et Cloé : quelques lignes sur une page suffiront-elles à résumer cette année « pleine de rebondissements » passée à vos côtés ? Bien sûr que non ! Je pense qu'à nous 6, on pourrait écrire un livre intitulé « L'intégrale des spécialités culinaires argentines » ! En y réfléchissant bien, c'est Susana que je dois remercier : sa maison a été le point de départ de ces belles rencontres... Je sais que de longues années d'amitié nous attendent, sur le sol français cette fois !

A toute l'équipe de la Clinique Vétérinaire de Thiviers, qui a eut la patience et la gentillesse de me laisser faire mes tous premiers pas dans la profession, il y a maintenant plus de 6 ans, et tout particulièrement :

Manu, pour avoir été et être toujours le modèle auquel j'aspire... Ton implication personnelle pour chacun de tes patients, ta curiosité, ton éternelle remise en question et ta conscience professionnelle inébranlable sont autant de qualités que je viserais à acquérir... Merci pour avoir été et être toujours présent, dans les bons comme dans les mauvais moments, même si ta « rationalité excessive » m'exaspère souvent ! Pour toutes ces raisons et plus encore, un grand merci...

Ludo, mon « maître de bovine », quoi que tu en dises ! Certes, les visites avec moi n'étaient pas de tout repos... Obligé de me supporter comme un chewing-gum collé sous ta semelle, avec en prime mes bottes sales qui remettaient en jeu ton titre de « voiture de véto la plus propre du monde », sans oublier l'interdiction de fumer et mes revendications permanentes sur ta conduite plus que sportive ! C'est avec et grâce à toi que j'ai été « dégrossie », comme tu le dis si bien avec toute l'élégance et le raffinement qui te caractérisent, et je tâcherai de ne jamais l'oublier... Même quand je serai devenue la Schelcher du Charolais !

Olivier, Mickael et Emmanuel : pour votre implication, votre patience, et la confiance que vous avez placée en moi... Que ce soit pour des matrices impossibles à rentrer, des cordes de tête impossibles à positionner, ou des veaux impossibles à découper, vous avez toujours été disposés à m'apprendre, à n'importe quelle heure du jour mais surtout de la nuit ! Merci...

Marion, mon petit « sèche-cubi » périgourdin... Tu es la preuve que le « coup de foudre amical » existe bel et bien ! Notre connivence instantanée a été une évidence pour tout

le monde, le duo de choc qu'on a formé ces trois derniers mois, les bars de Périgueux s'en souviennent encore ! Grâce à toi, les longues journées de boulot se sont vite transformées en récréation géante... Longue vie à notre récente amitié !

Gisou, Ninie, Val B., Val G. et Aurélie : le moins que l'on puisse dire, c'est que vous avez été en première ligne ! Vous étiez là dans la panique des premières consultations, pour m'aiguiller, me rassurer et m'encourager après mes échecs de pose de cathéter... Mais aussi pour les pauses « café-potins »! N'est-ce pas ma Gisou ?! Merci d'avoir essuyé les plâtres avec tant de patience et d'humour...

A toute l'équipe de la Clinique Vétérinaire de Bellenaves, en espérant que notre fraîche collaboration auvergnate, déjà riche en rebondissements et en surnoms évocateurs, soit fructueuse, à tous les niveaux !

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ILLUSTRATIONS	- 26 -
INTRODUCTION.....	- 29 -
PREMIERE PARTIE : L'élevage caprin en Argentine	- 31 -
1. Caractéristiques générales de l'élevage caprin en Argentine	- 32 -
1.1. Généralités.....	- 32 -
1.1.1. Effectifs actuels	- 32 -
1.1.2. Alimentation, logement et gestion sanitaire du troupeau	- 33 -
1.2. Les différents types de production.....	- 33 -
1.2.1. Viande.....	- 33 -
1.2.2. Lait.....	- 35 -
1.2.3. Laine de type Mohair.....	- 35 -
1.2.4. Cuir	- 36 -
1.3. Les grandes régions productrices	- 37 -
1.4. Marchés nationaux et internationaux.....	- 39 -
1.4.1. Viande.....	- 39 -
1.4.2. Lait.....	- 39 -
1.5. Cas particulier de la production laitière : vers une amélioration du potentiel génétique ? - 40 -	
1.6. Cas particulier de l'élevage caprin dans les provinces de Salta et Jujuy (NOA)	- 40 -
2. Strongyloses gastro-intestinales d'intérêt pour l'élevage caprin en Argentine	- 42 -
2.1. Rappels concernant les caractéristiques morphologiques et biologiques des Nématodes digestifs- 42 -	
2.1.1. Classification et rappels morphologiques.....	- 42 -
2.1.2. Cycle biologique et épidémiologie.....	- 42 -
2.2. Nématodes digestifs les plus courants au nord-ouest de l'Argentine.....	- 44 -
2.3. Cas particulier d'un Nématode digestif : <i>Haemonchus contortus</i>	- 45 -

2.3.1.	<i>Caractéristiques morpho-biologiques</i>	- 45 -
2.3.2.	<i>Données épidémiologiques</i>	- 47 -
2.3.3.	<i>Pouvoir pathogène</i>	- 47 -
2.3.4.	<i>Individus sensibles</i>	- 48 -
3.	Conséquences sanitaires et économiques du parasitisme gastro-intestinal chez les caprins et moyens de lutte	- 49 -
3.1.	Conséquences de l'infestation.....	- 49 -
3.1.1.	<i>Sur le plan économique: pertes de production</i>	- 49 -
3.1.2.	<i>Sur le plan clinique</i>	- 50 -
3.2.	Moyens de contrôle durable du niveau d'infestation : utilisation d'anthelminthiques....	- 50 -
3.2.1.	<i>Les principales classes d'anthelminthiques utilisées</i>	- 50 -
3.2.2.	<i>Cas particulier du métabolisme de la chèvre et conséquences en termes de posologie</i> -	52 -
3.3.	Emergence d'un phénomène de résistance aux substances anthelminthiques	- 52 -
3.4.	Stratégies réduisant l'apparition du phénomène de résistance	- 53 -
3.4.1.	<i>Gestion des traitements anthelminthiques</i>	- 53 -
3.4.2.	<i>Gestion des pâturages</i>	- 54 -
3.4.3.	<i>Augmentation de l'immunité, de la résistance et/ou de la tolérance naturelle de l'hôte</i> -	55 -
3.4.4.	<i>Développement de nouvelles stratégies</i>	- 55 -
	SECONDE PARTIE : La méthode FAMACHA, un exemple de traitement sélectif (synthèse bibliographique)	- 57 -
1.	Importance des traitements sélectifs dans le développement d'approches basées sur la notion de refuge dans le contrôle des Nématodoses gastro-intestinales chez les petits ruminants -	58 -
1.1.	Notion de refuge.....	- 58 -
1.1.1.	<i>Définition</i>	- 58 -
1.1.2.	<i>Mécanisme</i>	- 58 -
1.1.3.	<i>Sources de refuge</i>	- 59 -

1.2.	Facteurs influençant le maintien d'une population parasite refuge.....	- 59 -
1.2.1.	<i>Facteurs liés au parasite</i>	- 59 -
1.2.2.	<i>Facteurs liés à l'hôte</i>	- 60 -
1.2.3.	<i>Facteurs liés à la gestion du troupeau en termes de pâturage</i>	- 60 -
1.3.	Principe du traitement sélectif.....	- 60 -
1.3.1.	<i>Traitement ciblé</i>	- 60 -
1.3.2.	<i>Traitement Sélectif Ciblé (TSC)</i>	- 61 -
1.4.	Indicateurs disponibles pour l'évaluation du niveau de parasitisme.....	- 61 -
1.4.1.	<i>Anémie consécutive à l'action de parasites hématophages : méthode FAMACHA</i> -	61 -
1.4.2.	<i>« Dag Scoring »</i>	- 62 -
1.4.3.	<i>Intensité de l'excrétion des œufs : opg (Œufs Par Gramme de matières fécales)...</i> -	62 -
1.4.4.	<i>Production de lait</i>	- 63 -
1.4.5.	<i>Gain Moyen Quotidien (GMQ)</i>	- 63 -
1.5.	Mise en place d'une stratégie de traitement sélectif à l'échelle de l'élevage.....	- 64 -
2.	La méthode FAMACHA : une stratégie de traitement sélectif participant au contrôle de l'Haemonchose chez les caprins	- 65 -
2.1.	Contexte épidémiologique nécessaire à son application.....	- 65 -
2.1.1.	<i>Conditions climatiques</i>	- 65 -
2.1.2.	<i>Espèces auxquelles la méthode FAMACHA est applicable</i>	- 65 -
2.2.	Application pratique.....	- 66 -
2.2.1.	<i>Evaluation clinique</i>	- 66 -
2.2.2.	<i>Instructions d'utilisation de la table comparative</i>	- 66 -
2.3.	Corrélation entre la note FAMACHA et l'hématocrite.....	- 67 -
2.4.	Conduite à tenir en termes de traitement.....	- 67 -
2.5.	Bilan de la méthode FAMACHA.....	- 68 -
2.5.1.	<i>Avantages</i>	- 68 -
2.5.2.	<i>Inconvénients</i>	- 69 -

3. Essais expérimentaux utilisant la méthode FAMACHA dans le contrôle de l'Haemonchose chez les ovins : résultats préliminaires (Van Wyk, 2008)	- 70 -
3.1. Matériel et méthodes.....	- 70 -
3.1.1. <i>Pâturage</i>	- 70 -
3.1.2. <i>Animaux</i>	- 70 -
3.1.3. <i>Analyses réalisées</i>	- 71 -
3.2. Résultats	- 71 -
3.2.1. <i>Exploitation 1 – Groupe 1</i>	- 71 -
3.2.2. <i>Exploitation 2 – Groupe 2</i>	- 72 -
3.2.3. <i>Exploitation 2 – Groupe 3</i>	- 73 -
3.3. Discussion	- 74 -

TROISIEME PARTIE : Validation de la méthode FAMACHA dans le but de détecter une anémie clinique dans les élevages caprins du Nord-Ouest de l'Argentine..... - 76 -

1. Objectifs	- 77 -
2. Présentation des exploitations participant à l'étude	- 77 -
2.1. Station expérimentale de l'INTA Salta : essai n°1.....	- 79 -
2.1.1. <i>Localisation et caractéristiques climatiques</i>	- 79 -
2.1.2. <i>Caractéristiques de l'élevage</i>	- 79 -
2.2. Elevage Finca Santa Anita : essai n°2.....	- 80 -
2.2.1. <i>Localisation et caractéristiques climatiques</i>	- 80 -
2.2.2. <i>Caractéristiques de l'élevage</i>	- 80 -
2.3. Elevage Ortega : essai n°3.....	- 81 -
2.3.1. <i>Localisation et caractéristiques climatiques</i>	- 81 -
2.3.2. <i>Caractéristiques de l'élevage</i>	- 81 -
2.4. Elevage Finca Machuca : essai n°4.....	- 82 -
2.4.1. <i>Localisation et caractéristiques climatiques</i>	- 82 -
2.4.2. <i>Caractéristiques de l'élevage</i>	- 82 -
3. Matériel et méthodes	- 83 -

3.1.	Echantillonnage des individus	- 83 -
3.2.	Examen clinique et nature des prélèvements	- 84 -
3.3.	Protocole de déparasitage.....	- 88 -
3.4.	Analyses de laboratoire	- 89 -
3.4.1.	<i>Hématocrite</i>	- 89 -
3.4.2.	<i>Diagnostic copro-parasitologique (méthode MacMaster modifiée de Robert – O’Sullivan, 1949)</i>	- 90 -
3.4.3.	<i>Coprocultures (technique Corticelli-Lai)</i>	- 93 -
3.4.4.	<i>Récupération des œufs de Fasciola hepatica (technique de sédimentation - flottaison modifiée)</i>	- 93 -
3.5.	Gestion des différents résultats d’analyse	- 94 -
3.5.1.	<i>Résultats d’analyse d’intérêt pour l’étude</i>	- 94 -
3.5.2.	<i>Analyse statistique des résultats</i>	- 94 -
3.5.3.	<i>Autres résultats d’analyse</i>	- 95 -
4.	Résultats d’intérêt pour l’étude	- 96 -
4.1.	Résultats individuels	- 96 -
4.1.1.	<i>Résultats parasitologiques</i>	- 96 -
4.1.1.1.	Station expérimentale de l’INTA (essai 1)	- 96 -
4.1.1.2.	Finca Santa Anita (essai 2)	- 101 -
4.1.1.3.	Ortega (essai 3).....	- 106 -
4.1.1.4.	Finca Machuca (essai 4).....	- 110 -
4.1.2.	<i>Résultats de validation de la méthode FAMACHA</i>	- 113 -
4.1.2.1.	Interprétation des résultats par élevage en termes de corrélation note/hématocrite et note/opg.....	- 113 -
4.1.2.2.	Interprétation des résultats par élevage en relation avec le contexte épidémiologique (résultats de coproculture).....	- 114 -
4.2.	Résultats globaux (ensemble des 4 élevages)	- 115 -
4.2.1.	<i>Distribution des notes attribuées</i>	- 115 -

4.2.2.	<i>Détermination du seuil de note FAMACHA à partir duquel l'animal est considéré comme ayant répondu positivement au test (note FAMACHA à partir de laquelle le traitement anthelminthique est justifié).....</i>	- 116 -
4.2.3.	<i>Corrélation entre la note FAMACHA et l'hématocrite</i>	- 121 -
4.2.4.	<i>Corrélation entre la note FAMACHA et l'intensité d'excrétion d'œufs.....</i>	- 123 -
5.	Discussion et perspectives.....	- 124 -
5.1.	Remarques concernant les résultats parasitologiques par élevage.....	- 124 -
5.2.	Remarques concernant les modalités de mise en œuvre pratique de la méthode FAMACHA	- 126 -
5.3.	Remarques concernant la détermination du seuil de note FAMACHA à partir duquel le test est considéré comme positif et ses conséquences en termes de traitement	- 127 -
5.4.	Remarques concernant la pertinence de la corrélation entre note FAMACHA et intensité d'excrétion d'œufs	- 127 -
	CONCLUSION	- 129 -
	BIBLIOGRAPHIE	- 132 -
	ANNEXES	- 142 -

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Tableaux

Tableau n°1 : Principaux Nématodes gastro-intestinaux des caprins (Aguirre et al, 2002)	- 45 -
Tableau n°2: Principales classes d'anthelminthiques pour petits ruminants, posologies dans l'espèce ovine et posologies spécifiques des caprins (Chartier et Hoste 1997)	- 52 -
Tableau n° 3 : Corrélation entre la note FAMACHA et l'hématocrite (Schoenian, 2005)	- 67 -
Tableau n°4 : Conduite à tenir en fonction de la note FAMACHA obtenue (Bath et al 2001, Vatta et al 2001, Schoenian 2003, Myers 2004, Burke 2005, Besier 2008)	- 68 -
Tableau n°5 : Localisation et caractéristiques climatiques de l'INTA Salta	- 79 -
Tableau n°6 : Localisation et caractéristiques climatiques de la Finca Santa Anita.....	- 80 -
Tableau n°7 : Localisation et caractéristiques climatiques d'Ortega	- 81 -
Tableau n°8 : Localisation et caractéristiques climatiques de la Finca Machuca.....	- 82 -
Tableau n° 9: Récapitulatif du calendrier, des effectifs prélevés et détail des résultats obtenus pour chacun des quatre élevages.....	- 87 -
Tableau n° 10: Résultats d'intensité d'excrétion d'œufs et note FAMACHA associée (INTA Salta)	- 98 -
Tableau n° 11: Résultats d'hématocrites et note FAMACHA (INTA Salta)	- 99 -
Tableau n° 12: Efficacité (en pourcentage) de différents anthelminthiques après un test de réduction de l'excrétion des œufs d' <i>Haemonchus contortus</i> et de <i>Trichostrongylus colubriformis</i> (Suarez, INTA, 2010)	- 100 -
Tableau n° 13: Résultats du dosage sérique en cuivre réalisé le 19.04.11 sur 20 chèvres (INTA Salta)	- 100 -
Tableau n° 14 : Résultats d'intensité d'excrétion d'œufs et note FAMACHA associée (Finca Santa Anita)	- 103 -
Tableau n° 15: Résultats d'hématocrites et note FAMACHA (Finca Santa Anita)	- 103 -
Tableau n° 16 : Résultats de la recherche individuelle de <i>Fasciola hepatica</i> au cours des différentes sessions de prélèvements (Finca Santa Anita)	- 104 -
Tableau n° 17: Résultats du test de réduction de l'excrétion des œufs et résultats de coprocultures, une semaine après traitement par différentes molécules anthelminthiques, en pourcentage d'efficacité (MNP = monepantel ; ABZ = albendazole ; IVM = ivermectine) (Finca Santa Anita)	- 105 -
Tableau n° 18: Résultats de dosage sérique en cuivre (Finca Santa Anita).....	- 105 -
Tableau n° 19: Résultats d'intensité d'excrétion d'œufs et note FAMACHA associée (Ortega).....	- 108 -
Tableau n° 20: Résultats d'hématocrites et note FAMACHA (Ortega).....	- 109 -
Tableau n°21 : Résultats du dosage sérique en cuivre (Ortega).....	- 109 -
Tableau n°22: Résultats d'intensité d'excrétion d'œufs et note FAMACHA associée (Finca Machuca)	- 112 -
Tableau n° 23: Résultats d'hématocrites et note FAMACHA (Finca Machuca)	- 112 -
Tableau n° 24: Tableau comparatif des coefficients de corrélation note FAMACHA / hématocrite selon les élevages.....	- 114 -
Tableau n° 25: Tableau comparatif des coefficients de corrélation note FAMACHA/intensité d'excrétion d'œufs selon les élevages	- 114 -
Tableau n°26 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 19 et de note FAMACHA = 3	- 116 -
Tableau n°27 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 19 et de note FAMACHA = 4	- 116 -
Tableau n°28 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 20 et de note FAMACHA = 3	- 117 -
Tableau n°29 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 20 et de note FAMACHA = 4	- 117 -
Tableau n°30 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 21 et de note FAMACHA = 3	- 118 -

Tableau n°31 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 21 et de note FAMACHA = 4	- 118 -
Tableau n°32 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 22 et de note FAMACHA = 3	- 119 -
Tableau n°33 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 22 et de note FAMACHA = 4	- 119 -

Figures

Figure n°1 : Evolution du cheptel caprin en Argentine de 1994 à 2009 (www.produccion-animal.com.ar) ...	- 32 -
Figure n°2 : Evolution de la production de viande caprine (en milliers de tonnes) en Argentine de 1999 à 2004 (www.produccion-animal.com.ar)	- 34 -
Figure n°3 : Répartition du cheptel caprin dans les différentes provinces d'Argentine en 2002 (www.produccion-animal.com.ar)	- 38 -
Figure n°4 : Evolution de l'exportation de la viande caprine (en tonnes) de 2000 à 2003 (www.produccion-animal.com.ar)	- 39 -
Figure n°5 : Schéma du déroulement d'un cycle de strongle gastro-intestinal (phases libre et parasitaire)	- 43 -
Figure n°6 : Comparaison de la composition spécifique d'une communauté de nématodes adultes avec la quantité d'œufs correspondante (Anne Silvestre, présentation formation CEAV PARC 2006-2007)	- 59 -
Figure n°7 : Grille d'évaluation du « Dag Scoring » sur les ovins (www.agric.wa.gov.au)	- 62 -
Figure n°8 : Table FAMACHA montrant les différentes nuances de la coloration de la muqueuse oculaire et son guide d'utilisation	- 66 -
Figure n°9 : Schéma d'une lame modifiée de Mac Master (www.vet-lyon.fr)	- 92 -
Figure n°10 : Graphique représentant les pourcentages relatifs d' <i>Haemonchus contortus</i> et de <i>Trichostrongylus colubriformis</i> après lecture des coprocultures de l'INTA Salta, lors des quatre visites réalisées	- 96 -
Figure n°11 : Evolution de l'intensité de l'excrétion des œufs en fonction des dates de prélèvement à l'INTA Salta	- 97 -
Figure n°12 : Diagramme de répartition des pourcentages des notes FAMACHA attribuées au cours des différents prélèvements à l'INTA Salta	- 98 -
Figure n°13 : Graphique représentant les pourcentages relatifs d' <i>Haemonchus contortus</i> et de <i>Trichostrongylus colubriformis</i> après lecture des coprocultures de la Finca Santa Anita, lors des quatre visites réalisées	- 101 -
Figure n°14 : Evolution de l'intensité de l'excrétion des œufs en fonction des dates de prélèvement à la Finca Santa Anita	- 102 -
Figure n°15 : Diagramme de répartition des pourcentages des notes FAMACHA attribuées au cours des différents prélèvements à la Finca Santa Anita	- 102 -
Figure n°16 : Graphique représentant les pourcentages relatifs d' <i>Haemonchus contortus</i> et de <i>Trichostrongylus colubriformis</i> après lecture des coprocultures d'Ortega, lors des trois visites réalisées	- 106 -
Figure n°17 : Evolution de l'intensité de l'excrétion des œufs en fonction des dates de prélèvement chez Ortega .	- 107 -
Figure n°18 : Diagramme de répartition des pourcentages des notes FAMACHA attribuées au cours des différents prélèvements chez Ortega (n'inclut pas les résultats du 31.05.11)	- 108 -
Figure n°19: Graphique représentant les pourcentages relatifs d' <i>Haemonchus contortus</i> et de <i>Trichostrongylus colubriformis</i> après lecture des coprocultures de la Finca Machuca, lors des trois visites réalisées	- 110 -
Figure n°20: Evolution de l'intensité de l'excrétion des œufs en fonction des dates de prélèvement, dans la Finca Machuca	- 111 -
Figure n°21 : Diagramme de répartition des pourcentages des notes FAMACHA attribuées au cours des différents prélèvements dans la Finca Machuca	- 112 -
Figure n°22: Diagramme représentant la répartition des différentes notes FAMACHA, basée sur les données de l'ensemble des quatre élevages	- 115 -

Figure n° 23: Distribution des valeurs d'hématocrites en fonction des notes FAMACHA attribuées (ensemble des quatre élevages).....	- 121 -
Figure n° 24: Courbes de régression linéaire, théorique et empirique, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'hématocrite (ensemble des quatre élevages)	- 122 -
Figure n° 25: Distribution des valeurs d'opg en fonction des notes FAMACHA attribuées (ensemble des quatre élevages)	- 123 -
Figure n° 26: Courbes de régression linéaire, théorique et empirique, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'opg (ensemble des quatre élevages)	- 124 -
Figure n°27 : Répartition des notes FAMACHA et pourcentages de chèvres « malades » ($Ht \leq 19$) par élevage...	- 125 -

Photos

Photo n°1 : <i>Haemonchus contortus</i> (1,5 cm de long) à la surface de la muqueuse abomasale d'un mouton (www.parasites-world.com).....	- 45 -
Photos n°2 et 3 : Détail de l'extrémité postérieure du mâle <i>Haemonchus contortus</i> (www.instruction.cvhs.okstate.edu)	- 46 -
Photo n°4 : œufs d' <i>Haemonchus contortus</i> (longueur de 80 μm) (www.sweetdeseret.com).....	- 46 -
Photo n°5 : Lot de chèvres en lactation de l'INTA EEA Salta	- 80 -
Photo n°6 : Retour du pâturage des chèvres en lactation de la Finca Santa Anita (province de Salta)	- 81 -
Photo n°7 : Lot de chèvres en lactation (race Anglo Nubian) de l'élevage de Mr Ortega (province de Salta) ..	- 82 -
Photo n°8 : Lot des chèvres en lactation de la Finca Machuca (province de Jujuy)	- 83 -
Photo n°9 : Collecte des données individuelles de chaque animal prélevé (de gauche à droite : n°échantillon ; n°boucle ; robe et/ou race de l'animal ; couleur de la boucle auriculaire ; observations particulières ; dentition ; note FAMACHA de la muqueuse oculaire ; prélèvement ou non de sang ; résultats d'hématocrite ; résultats OPG ; prélèvement ou non de matières fécales)	- 84 -
Photo n°10 : Application pratique de la méthode FAMACHA : écartement de la paupière inférieure et évaluation de la couleur de la muqueuse oculaire à l'aide de la grille de nuances	- 85 -
Photo n°11 : Prélèvement de matières fécales (Finca Santa Anita)	- 85 -
Photo n°12 : Prélèvement de sang transféré sur tube EDTA au niveau de la veine jugulaire (Finca Santa Anita) ..	- 86 -
Photo n°13 : Matériel nécessaire à l'expérimentation (cahier pour le recueil des informations, tubes EDTA, grille de nuancier, aiguilles et seringues, traitement à base de monepantel, closantel ou immunobendazole)	- 88 -
Photo n°14 : Matériel utilisé pour la lecture de l'hématocrite (tubes capillaires et grille de lecture).....	- 90 -
Photo n°15 : Centrifugeuse (7500 tours/minute).....	- 90 -

Cartes

Carte n°1 : L'Argentine et ses régions (www.capraro.edu.ar)	- 37 -
Carte n°2 : Localisation géographique du NOA sur le territoire argentin (www.skyscraperlife.com).....	- 78 -
Carte n°3 : Localisation géographique des 4 élevages (INTA, Ortega, Finca Santa Anita et Finca Machuca), situés dans le NOA (www.blog.guiaruralargentina.com).....	- 78 -

INTRODUCTION

Les nématodes gastro-intestinaux sont à l'origine d'une perte de revenus plus ou moins conséquente selon le niveau de parasitisme pour les éleveurs caprins (baisse de production laitière, faible taux de fécondité, diminution de l'immunité) (Machen et al 2002). Afin de lutter contre ces Nématodoses, diverses molécules aux propriétés anthelminthiques sont largement utilisées, et souvent sans protocole particulier, ce qui a conduit à une résistance aux anthelminthiques, à l'échelle mondiale, chez les petits ruminants (Jackson et Coop 2000, Kaplan 2004).

Cette résistance est particulièrement d'actualité en Argentine, où le système d'élevage est de type principalement extensif et où l'utilisation d'antiparasitaires ne fait l'objet d'aucun contrôle particulier de la part des professionnels de la santé animale.

Afin de promouvoir une utilisation raisonnée des molécules anthelminthiques, et donc de limiter ce phénomène mondial de résistance, une étude menée en Afrique du Sud par Van Wyk et Bath en 2002 sur des ovins a montré une corrélation moyenne à bonne entre le degré d'infestation de l'animal par le parasite *Haemonchus contortus* (réalisation de coproscopies parasitaires), la valeur de l'hématocrite (réalisation de prises de sang sur tube EDTA) et la couleur de ses muqueuses oculaires (évaluation par un observateur).

Cette étude a conduit à l'élaboration de la méthode FAMACHA, qui constitue un système de notation en fonction de la couleur de la muqueuse oculaire. L'intérêt, pour l'éleveur, est donc de ne traiter que les animaux qu'il jugera les plus fortement parasités, à savoir ceux qui présenteront une conjonctive oculaire particulièrement pâle.

L'objet de cette étude est de savoir s'il est possible de transposer cette méthode FAMACHA décrite sur les ovins en Afrique du Sud à l'élevage caprin du Nord-Ouest de l'Argentine (région NOA).

Pour cela, nous verrons dans une première partie les caractéristiques générales de l'élevage caprin du NOA, les différentes strongyloses gastro-intestinales présentes, ainsi que les problèmes de résistance aux substances anthelminthiques auxquels il est confronté. La seconde partie constituera un rappel des bases du traitement sélectif et ses avantages liés à la lutte contre les résistances aux anthelminthiques, suivi d'une synthèse bibliographique de la méthode FAMACHA telle qu'elle a été mise au point en 2002. Enfin, dans une troisième partie, nous décrirons l'étude expérimentale menée dans les élevages caprins du nord-ouest argentin, ainsi que les résultats obtenus.

PREMIERE PARTIE :
L'élevage caprin en
Argentine

1. Caractéristiques générales de l'élevage caprin en Argentine

1.1. Généralités

1.1.1. Effectifs actuels

La production caprine argentine est majoritairement représentée par un ensemble de petits producteurs aux moyens financiers réduits et avec un faible niveau socioculturel. Les revenus générés par cette activité permettent de subvenir aux besoins de la famille, notamment dans les zones marginales.

D'après une enquête réalisée par l'INTA (Institut National de Technologie Agronomique), la précarité qui caractérise le monde rural en Argentine est liée à l'incidence élevée des petits systèmes de production qui ne possèdent aucune infrastructure facilitant la gestion du troupeau. Dans ces conditions, il n'est pas envisageable de générer des bénéfices économiques à long terme et ainsi d'accéder à de meilleures conditions de vie.

Afin de pallier au problème de précarité qui prédomine au sein des petits producteurs, de nombreux projets sont en voie de développement afin de soutenir l'élevage caprin en améliorant principalement les systèmes de production.

On dénombrerait en 2004 environ 4,2 millions de caprins sur le territoire argentin, soit 0,5% de l'effectif caprin mondial (www.produccion-animal.com.ar). Ce nombre est en constante augmentation.

Le nombre d'exploitations est évalué à 46 766 en Argentine.

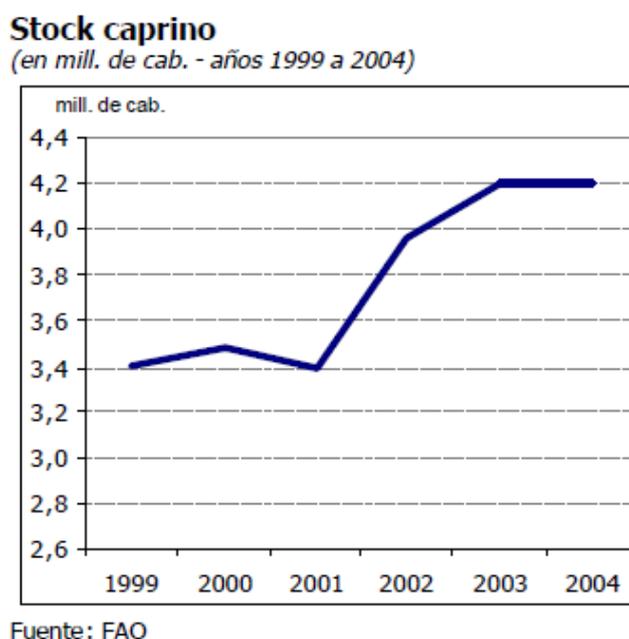


Figure n°1 : Evolution du cheptel caprin en Argentine de 1994 à 2009 (www.produccion-animal.com.ar)

1.1.2. Alimentation, logement et gestion sanitaire du troupeau

L'élevage est de type extensif, le pâturage est constitué de prairies naturelles sans limites précises, dont la qualité nutritionnelle est fortement dégradée. La pratique de la supplémentation est très rare, en conséquence les animaux se retrouvent très souvent en déficit énergétique et minéral.

Les sources d'eau potable sont rares, tout comme les infrastructures permettant la gestion du troupeau.

Dans la majorité des exploitations, les chevreaux sont élevés en captivité, dans des parcs fermés où ils attendent le retour de leur mère du pâturage, et passent la nuit avec elles jusqu'à la matinée suivante. L'allaitement est limité à deux prises par jour.

Les problèmes liés à la reproduction et à la santé du troupeau représentent le facteur limitant en termes d'efficacité de la production. Ils sont la conséquence directe du manque de gestion rationnelle des exploitations.

La gestion sanitaire du troupeau est très précaire, il n'y a pas ou peu de pratique de la vaccination ou du déparasitage. La majorité des avortements serait due à des facteurs nutritionnels, climatiques ou à des chocs physiques, aucun agent infectieux responsable d'avortement n'a pour le moment été mis en évidence.

1.2. Les différents types de production

Ces dernières années, la politique de fractionnement progressif des terres ainsi que la diminution de rentabilité des systèmes de production traditionnelle ont conduit de nombreux producteurs à une diversification et à une intensification de leur production.

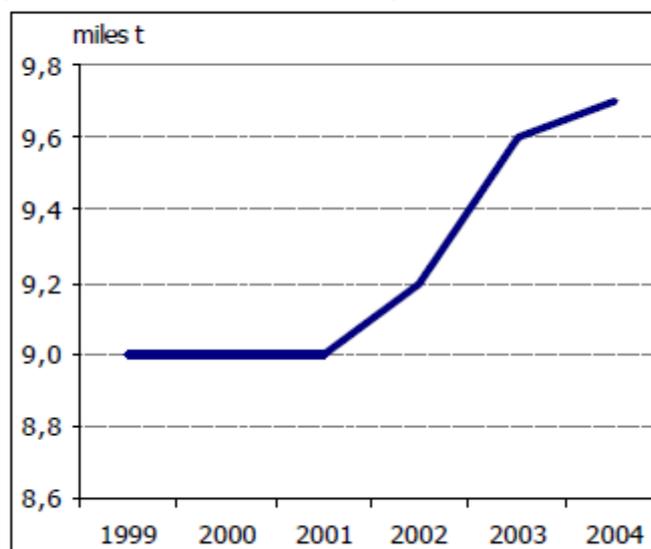
1.2.1. Viande

Traditionnellement, la production de viande est la fonction la plus importante de l'élevage caprin argentin, elle est localisée principalement au sein des zones arides et semi-arides du nord-ouest et du centre-ouest argentin.

Les données relatives à la production de viande caprine font état d'un total de 9 570 tonnes produites en 2004. Cependant, ces chiffres fournis par les abattoirs industriels ne prennent pas en compte l'abattage domestique des animaux réalisé par les producteurs eux-mêmes (autoconsommation et vente directe). La production de viande caprine est donc très largement sous-estimée.

Producción de carne caprina

(en miles de t - años 1999 a 2004)



Fuente: FAO

Figure n°2 : Evolution de la production de viande caprine (en milliers de tonnes) en Argentine de 1999 à 2004
(www.produccion-animal.com.ar)

La production de viande caprine est orientée préférentiellement vers l'obtention de chevreau nourri exclusivement à base de lait maternel, et qui atteint un poids vif de 10 à 12 kg entre les 45 à 90 premiers jours de vie, ce qui correspond approximativement à un poids carcasse de 4 à 6 kg.

La viande de chevreau est particulièrement appréciée du fait de sa teneur réduite en graisse et de ses hautes qualités nutritionnelles.

Les systèmes de production sont de type extensif (fourrage naturel), et la production est saisonnière, avec notamment un regroupement des mises-bas au printemps jusqu'au début de l'automne, permettant la commercialisation de la viande au moment des fêtes de fin d'année, quand la demande est la plus forte.

Enfin, les races utilisées pour ce type de production sont majoritairement la Criolla, une race locale particulièrement rustique, puis en proportions moindres l'Anglo-Nubian et la Boer.

La Criolla, du fait de sa rusticité, est capable de s'adapter aux conditions environnementales les plus diverses. D'un point de vue morphologique, elle est caractérisée par une corpulence plus réduite que celle de son ancêtre espagnol, avec des portées de taille plus petite et une production de lait réduite.

L'Anglo-Nubian est une race particulièrement appréciée du fait de son ambivalence (lait et viande).

La Boer, d'origine sud-africaine, est une race récemment introduite en Argentine, reconnue pour sa vitesse de croissance importante (un chevreau atteint en moyenne 12 à 14 kg de poids vif après 40 jours de vie).

1.2.2. Lait

Bien que la viande caprine reste la production prédominante en Argentine, la production laitière a connu ces dernières années un essor considérable, notamment aux alentours de la capitale Buenos Aires et dans la région du NOA.

Elle concerne des petits producteurs majoritairement, dont l'activité est caractérisée par une grande diversité de produits finaux et une main d'œuvre quasi exclusivement familiale.

Il n'existe pas de données officielles concernant la production laitière caprine, cependant on estime à 50 000 L de lait la production nationale mensuelle destinée à l'élaboration de fromages semi-artisanaux et industriels dans la région de Buenos Aires ; et auxquels s'ajoutent 15 000 L supplémentaires destinés à la fabrication de fromages artisanaux dans les provinces du nord-ouest.

Là encore, la race Criolla est prédominante dans ce type d'activité. Cependant, d'autres races telles que la Saanen, la Toggenburg, l'Alpina et l'Anglo-Nubian, ainsi que les produits de leur croisement, sont de plus en plus utilisés.

1.2.3. Laine de type Mohair

Au niveau mondial, la race Angora est la référence en termes de production de laine Mohair. Cependant, en Argentine, elle n'existe pas en race pure, cette dernière étant peu prolifique, sensible à l'humidité et sujette aux avortements à répétition, mais uniquement avec différents degrés de croisement avec la Criolla, afin d'obtenir un animal suffisamment rustique pour pouvoir s'adapter aux conditions d'élevage précaires en Argentine.

En conséquence, la fibre Mohair produite en Argentine est de qualité moindre que celle commercialisée au niveau mondial (le pourcentage de fibres modifiées est de l'ordre de 7 à 10%). Sa production est estimée à 325 000 kg/an.

Les troupeaux sont généralement réduits, avec en moyenne 150 animaux par producteur, et la laine est obtenue à la suite d'une tonte annuelle. Les animaux utilisés pour ce type de production sont de petit format, les femelles pèsent de 35 à 40 kg et les mâles peuvent atteindre 60 kg.

De plus, les animaux sont menacés par deux grands types de prédateurs : le renard au niveau des plaines et le puma dans la zone de la Précordillère.

La tonte est réalisée aux ciseaux à la suite de la période de parturition, selon la méthode « Criollo », c'est-à-dire dans des conditions de travail précaires, à même le sol et sans aucune infrastructure particulière. Les éleveurs profitent de la manutention pour réaliser un tri des animaux selon leur état de dentition ou la qualité sanitaire des mamelles.

D'autre part, le rendement individuel du modèle argentin est plus faible que celui obtenu en race pure, du fait de l'inexistence d'amélioration génétique (0,8 à 1,2 kg de laine/animal/an contre 5 kg en race Angora pure). Afin de pallier à ce manque de productivité, plusieurs institutions ont développé un « Programme d'Amélioration pour la Production et la Qualité du Mohair ». Ce projet vise à promouvoir la sélection génétique des animaux, mais également vise à améliorer les conditions de tonte et de traitement de la fibre, ainsi que les voies de commercialisation.

1.2.4. Cuir

Le cuir est un sous-produit issu de l'industrie de la viande (chaîne d'abattage au sein d'établissements spécialisés ou directement chez le producteur).

Il est utilisé pour la confection de produits de haute qualité (vêtements, chaussures, maroquinerie).

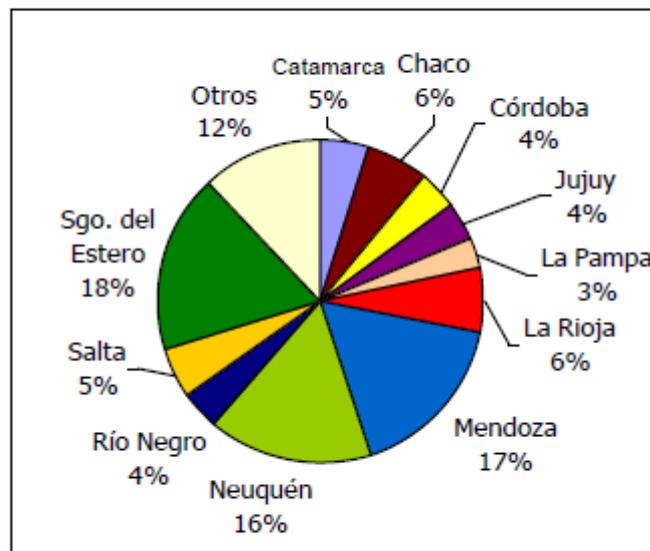
Très peu de données actualisées relatives au marché du cuir sont disponibles.

1.3. Les grandes régions productrices



Carte n°1 : L'Argentine et ses régions (www.capraro.edu.ar)

Existencias caprinas (en %, según provincia - año 2002)



Fuente: INDEC

Figure n°3 : Répartition du cheptel caprin dans les différentes provinces d'Argentine en 2002 (www.produccion-animal.com.ar)

La grande majorité de l'élevage caprin argentin se concentre dans les Provinces de Santiago del Estero, Mendoza et Neuquen, en termes de nombres de têtes et de nombres d'exploitations.

Concernant la production de viande caprine, Santiago del Estero, Neuquen, Mendoza et Córdoba demeurent les principales provinces productrices.

La production laitière est regroupée au sein des régions du nord-ouest argentin, qui concentrent environ 60% des animaux destinés à ce type de production.

Ont été recensées 213 exploitations laitières caprines de diverses dimensions dans 16 provinces, à l'échelle nationale. Parmi ces 213 exploitations, 131 sont regroupées dans des bassins laitiers, localisés principalement dans les provinces de Santiago del Estero, Catamarca, Salta, Neuquen, San Luis et Córdoba.

En particulier, la province de Santiago del Estero abrite le bassin de Rio Dulce, qui fait office de référence en termes de production laitière au niveau national. Dans ce bassin sont comptabilisées une cinquantaine de petites exploitations qui participent de façon non négligeable à la production laitière nationale. D'autres provinces telles que Mendoza et Buenos Aires jouent également un rôle non négligeable.

Enfin, la production de laine type Mohair est réalisée préférentiellement dans l'ouest du pays, au sein des provinces de Neuquen, Rio Negro, La Pampa, Mendoza et Chubut.

1.4. Marchés nationaux et internationaux

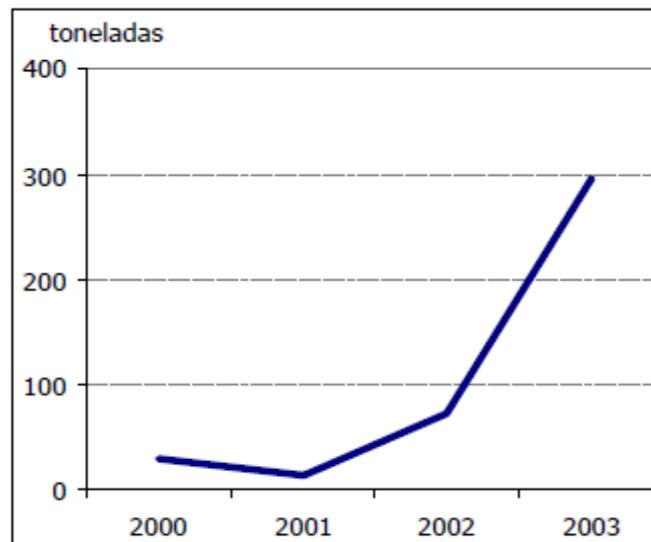
1.4.1. Viande

Le marché de la viande caprine argentine possède des particularités propres et complexes, qui rendent difficile l'élaboration d'un modèle de commercialisation. Le chevreau est vendu « sur pieds » au sein de l'exploitation productrice à un acheteur souvent directement lié à un abattoir. Le prix du lot est fonction bien évidemment du nombre de chevreaux, de leur âge et de leur état d'engraissement.

La viande caprine étant un produit de consommation sporadique et occasionnel, elle est principalement destinée au marché intérieur (centres touristiques, restaurants, fêtes de fin d'année).

L'exportation de viande, estimée à environ 297 tonnes/an, concerne des pays tels que la Jamaïque, l'Amérique Centrale et la Chine. Elle a connu une nette augmentation depuis 2001 où elle atteignait à peine 13 tonnes/an, suite à l'entrée récente de la Chine sur le marché.

Exportaciones de carne de cabra
(en toneladas - años 2000 a 2003)



Fuente: FAO

Figure n°4 : Evolution de l'exportation de la viande caprine (en tonnes) de 2000 à 2003 (www.produccion-animal.com.ar)

1.4.2. Lait

Le lait et ses produits dérivés sont quasi exclusivement destinés au marché national. Le fromage représente le produit final principal ; on recense une trentaine de variétés différentes de fromage de chèvre, dont 21 sont élaborées dans le NOA.

Cependant, une proportion moindre mais non négligeable du lait produit est réservée à l'élaboration de lait en poudre et d'une spécialité nationale, le dulce de leche (lait concentré sucré chauffé à haute température).

Enfin, peu d'informations permettent de quantifier de façon précise les échanges internationaux de cuir et de laine Mohair. On estime cependant à environ 64 tonnes/an l'exportation de cuir au Brésil, Uruguay, Chili, Italie et Chine ; et à 2 tonnes/an l'exportation de laine à destination de l'Uruguay et de l'Afrique du Sud.

1.5. Cas particulier de la production laitière : vers une amélioration du potentiel génétique ?

La réalisation d'un suivi précis de la production laitière caprine en Argentine est difficile du fait du peu de données disponibles. Les seules informations accessibles sont recueillies dans des rapports de production laitière étudiée au sein de l'INTA Leales de Tucuman (troupeau laitier de race criolla), et des Centres de Recherche Agronomique des provinces de Salta et Santiago del Estero (troupeau laitier de races Saanen et Anglo Nubian).

Le manque de données relatives au rendement laitier et aux performances globales de production des races nouvellement introduites (Saanen et Anglo Nubian) souligne la nécessité de mener des études plus poussées sur le terrain, au sein des systèmes réels de production, et ce notamment afin de permettre une avancée au niveau de l'amélioration génétique des cheptels.

D'autre part, le croisement aléatoire des races autochtones avec les races nouvellement introduites a été à l'origine d'une perte globale de rusticité et par conséquent d'un échec au sein des différents systèmes de production.

En conséquence, un programme d'amélioration génétique est sur le point d'être mis en place au sein des élevages de race pure (Saanen principalement), afin de sélectionner et de diffuser les individus de haute valeur génétique.

1.6. Cas particulier de l'élevage caprin dans les provinces de Salta et Jujuy (NOA)

Les provinces de Salta et Jujuy comptabilisent respectivement 321 553 et 91 950 caprins, représentant environ 10% de l'ensemble du cheptel caprin argentin (données datant de mars 2010, www.senasa.gov.ar), et répartis selon dans 4 types de système d'élevage :

- Un système de production de subsistance en vue d'une consommation personnelle, dans les zones d'altitude et les plaines ;
- Un système de production artisanale avec un certain degré d'intensification autour des centres d'intérêt touristique ;
- Un système d'élevage extensif dans la zone de Pré-Puna et la Puna ;

- Un système d'élevage intégral semi-extensif associé à des bassins d'élevage bovin laitier.

Dans les deux premiers systèmes de production, l'utilisation de la race Criolla est prédominante, alors que dans les zones de Puna et Pré-Puna, les croisements avec des Anglo-Nubian ou des Saanen sont plus fréquents.

Enfin, le système intégral semi-extensif utilise les races laitières Anglo-Nubian, Saanen, Toggenburg et Alpina, ce qui contribue à l'amélioration du potentiel génétique.

Dans le système laitier, les producteurs sont en général propriétaires des terres et par conséquent ont plus facilement accès aux sources d'eau, ce qui permet la mise en place de différents types de pâture.

L'INTA Salta possède une salle de traite mécanique expérimentale, et un troupeau d'environ 60 chèvres de races Saanen et Anglo-Nubian.

Conclusion : La production caprine de l'Argentine présente une problématique commune pour toutes les régions, en lien avec la condition socio-économique de la majorité des producteurs dédiés à cette activité. Il s'agit en effet de personnes aux moyens financiers très limités, dont peu sont propriétaires de la terre qu'ils exploitent. Cette particularité ne pousse pas les producteurs à améliorer leur niveau de production en investissant par exemple dans des infrastructures au niveau des bâtiments ou des pâtures.

De même, la gestion insuffisante du troupeau en termes d'alimentation et de risque sanitaire représente un frein considérable à l'augmentation de la rentabilité de l'élevage caprin.

En réponse à cette constatation, la SAGPyA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación) s'est fixée plusieurs objectifs à atteindre :

- Revisiter la problématique liée à la répartition des terres ;
- Favoriser une production et une commercialisation de type associatif, notamment pour l'achat de matériel en commun et la vente des produits ;
- Améliorer la qualité commerciale du produit à travers le développement d'outils de commercialisation appropriés (instauration d'un système de classification de la viande caprine, mise en place d'un protocole de traitement de la laine Mohair)
- Mise en place d'un système de Contrôle Laitier Caprin National ;
- Amélioration génétique du troupeau ;
- Créer une association de producteurs pour les différentes races et mettre à jour un registre généalogique.

2. Strongyloses gastro-intestinales d'intérêt pour l'élevage caprin en Argentine

En système d'élevage de type extensif, les caprins sont particulièrement exposés au parasitisme du fait de la pratique du pâturage.

2.1. Rappels concernant les caractéristiques morphologiques et biologiques des Nématodes digestifs

2.1.1. Classification et rappels morphologiques

La majorité des Nématodes décrits sont des parasites gastro-intestinaux appartenant à l'ordre des *Strongylida*, et plus particulièrement à deux familles importantes que sont la famille des *Strongylidae* (genre *Oesophagostomum*) et des *Trichostrongylidae* (genres *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Cooperia* et *Trichostrongylus*).

Les Nématodes sont des vers non segmentés, caractérisés par une forme cylindrique, la présence d'une capsule buccale plus ou moins développée selon l'espèce considérée, et d'un tube digestif complet.

Ils parasitent le tractus gastro-intestinal de leur hôte, sont relativement petits avec une taille variant de quelques millimètres à un ou trois centimètres. Leur fréquence et leur pouvoir pathogène varient selon l'espèce.

On observe un dimorphisme sexuel, les mâles possédant une bourse copulatrice munie de deux spicules au niveau de leur extrémité postérieure.

Après accouplement des adultes, de nombreux œufs sont pondus par la femelle dans la lumière du tube digestif. Les œufs de Nématodes sont reconnaissables par leur forme ovoïde, ils sont entourés par une coque mince et abritent une morula visible par transparence.

2.1.2. Cycle biologique et épidémiologie

Le cycle de vie des Nématodes est monoxène, c'est-à-dire que le parasite ne nécessite pas d'hôte intermédiaire pour assurer son développement.

Il est dit biphasique, avec une phase libre et une phase parasitaire à l'intérieur de l'hôte.

Au cours de la phase libre, les œufs renfermant une morula sont rejetés en même temps que les matières fécales dans le milieu extérieur (pâturage). La poursuite de leur développement est conditionnée par deux types de facteurs environnementaux :

- Les facteurs statiques, représentés par le degré d'humidité et d'oxygénation des fèces ;
- Les facteurs dynamiques, représentés par la température du milieu extérieur.

Ces deux types de facteurs, en particulier la teneur en eau et la température, sont des facteurs clé intervenant dans le développement de l'œuf en larve. En particulier dans le cas des

Nématodes parasitant le système digestif des petits ruminants, les caractéristiques de leurs fèces, en forme de grains, nécessitent des conditions de développement très différentes de celles présentes chez les bovins.

Ainsi, un milieu froid et sec aura tendance à inhiber le développement larvaire, alors qu'un milieu chaud et humide sera davantage propice à la survie et à l'évolution des larves jusqu'au stade infestant.

Le risque parasitaire s'évalue en fonction du degré de contamination de la pâture (quantité d'œufs excrétés dans les matières fécales), de la possibilité de développement des œufs au stade de larve infestante (L3), des chances de survie de L3 sur la pâture en attendant d'être ingérées par l'hôte, et enfin de l'accessibilité de L3 depuis la pâture jusqu'à l'animal cible.

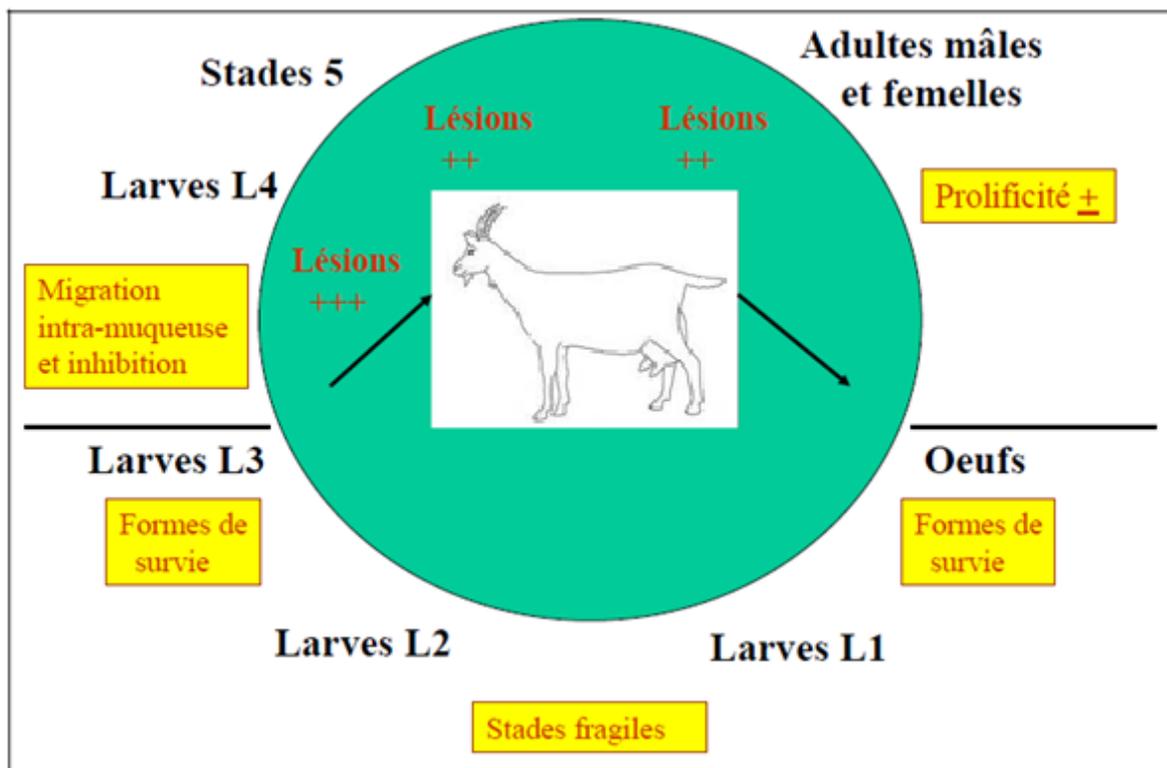


Figure n°5 : Schéma du déroulement d'un cycle de strongle gastro-intestinal (phases libre et parasitaire)

L'éclosion de l'œuf sur la pâture donne naissance à une première larve, la larve L1, qui évoluera en L2 puis en L3, cette dernière constituant la forme infestante (les formes immatures L1 et L2, si elles sont consommées par l'animal, ne peuvent poursuivre leur développement au sein du tractus digestif). La phase libre du cycle s'achève au moment où L3 est consommée en même temps que l'herbe.

Lors de la phase dite parasitaire, la larve L3 pénètre au niveau d'une glande de la muqueuse digestive ou directement au niveau de l'épithélium du tube digestif. Elle évolue en L4 puis en L5, et enfin en adulte.

L'accouplement des adultes mâle et femelle, dans la lumière du tube digestif, donne lieu à la ponte de nombreux œufs, qui seront rejetés dans le milieu extérieur lors de la défécation de l'animal (début de la phase libre).

La phase prépatente (durée moyenne entre l'infestation de l'animal et la ponte des œufs) est d'environ 3 semaines dans les conditions climatiques normales.

La durée totale du cycle varie entre 17 à 25 jours, en fonction du genre du parasite, de l'hôte et des conditions climatiques.

Le printemps et l'été sont les deux saisons au cours desquelles l'élimination des œufs dans les fèces est maximale, et en conséquence la contamination des pâtures a lieu à cette époque de l'année.

Cette chronologie est à relier à la présence d'*Haemonchus contortus* au printemps et en été (pic d'opg (Œufs Par Gramme) en mai-juin dans la région du NOA), pendant les mois les plus chauds et les plus pluvieux, représentant les conditions climatiques optimales pour son développement (*Haemonchus contortus* peut alors représenter plus de 80% des larves présentes sur une coproculture).

Enfin, le phénomène d'hypobiose permet un état de vie ralentie des larves (principalement larves L4 pour les Nématodes) attendant des conditions favorables pour reprendre leur développement. Les larves ainsi ingérées ne s'alimentent et ne se reproduisent pas, mais demeurent à l'état de latence. Cet état ne représente aucun risque pour l'animal, cependant, lorsque les conditions deviennent favorables (approche du printemps, période de déficit immunitaire en fin de gestation, lors de la parturition ou en début de lactation), cela déclenche le réveil de la larve qui va poursuivre son développement à l'intérieur de l'hôte.

2.2. Nématodes digestifs les plus courants au nord-ouest de l'Argentine

Dans les systèmes de production extensifs présents au nord-ouest de l'Argentine, il existe trois Nématodes prédominants : *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* et *Teladorsagia circumcincta*.

La prédominance d'un genre par rapport à l'autre dépend des caractéristiques climatiques de chaque région. Ainsi, alors qu'*Haemonchus*, *Oesophagostomum* et *Cooperia* prédominent en présence de températures et de taux d'humidité élevés (climats humides tropicaux), à l'inverse *Teladorsagia* se développe préférentiellement dans des zones où le climat est tempéré à froid.

Localisation	Espèce	Pouvoir pathogène
Caillette	<i>Haemonchus contortus</i>	+++
	<i>Teladorsagia circumcincta</i>	++
	<i>Trichostrongylus axei</i>	++
Intestin grêle	<i>Trichostrongylus colubriformis</i>	++
	<i>Trichostrongylus vitrinus</i>	++
	<i>Nematodirus sp.</i>	X
	<i>Cooperia sp.</i>	X
	<i>Strongyloides papillosus</i>	++
Gros intestin	<i>Oesophagostomum sp.</i>	+
	<i>Oesophagostomum venulosum</i>	+
	<i>Trichuris ovis</i>	+
	<i>Skrjabinema ovis</i>	+

Tableau n°1 : Principaux Nématodes gastro-intestinaux des caprins (Aguirre et al, 2002)

2.3. Cas particulier d'un Nématode digestif : *Haemonchus contortus*

2.3.1. Caractéristiques morpho-biologiques

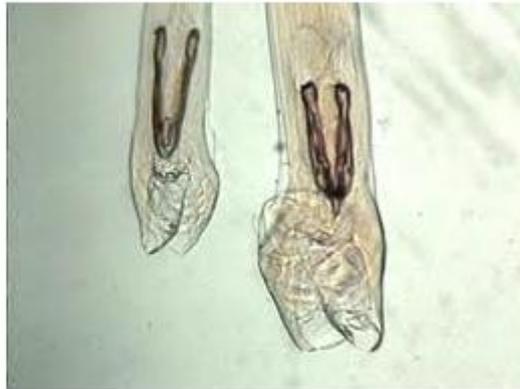
Haemonchus contortus est un Nématode de la caillette des petits ruminants.



Photo n°1 : *Haemonchus contortus* (1,5 cm de long) à la surface de la muqueuse abomasale d'un mouton (www.parasites-world.com)

Le mâle mesure de 13 à 20 mm de long pour environ 300 à 400 µm de large, et la femelle 18 à 32 mm de long pour 500 µm de large. L'œsophage est relativement court (1000 à 1300 µm).

L'extrémité postérieure du mâle est caractérisée par la présence d'une bourse copulatrice développée, possédant deux lobes, renfermant deux courts spicules (370 à 450 µm). Un troisième lobe, asymétrique et soutenu par une côte en forme de Y, est visible en face dorsale.



Photos n°2 et 3 : Détail de l'extrémité postérieure du mâle *Haemonchus contortus*
(www.instruction.cvhs.okstate.edu)

L'utérus de la femelle, de couleur blanchâtre, opaque, forme des circonvolutions autour de l'intestin, ce dernier possédant une couleur rouge du fait du régime alimentaire hématophage. La vulve se situe à environ 4 mm de l'extrémité caudale et est recouverte par une cuticule. La queue est plus large que celle du mâle.

Haemonchus contortus se distingue des autres genres de Nématodes par son potentiel élevé en termes de reproduction : en effet, la femelle est capable de pondre jusqu'à 10 000 œufs par jour.



Photo n°4 : œufs d'*Haemonchus contortus* (longueur de 80 μm) (www.sweetdeseret.com)

Les œufs, de couleur jaunâtre, mesurent 70 à 85 μm de long pour 44 μm de large.

La durée du cycle d'*Haemonchus contortus* varie de 18 à 21 jours (transformation de l'œuf à l'état adulte) (Burke 2005, Schoenian 2005).

2.3.2. Données épidémiologiques

L'Haemonchose est une maladie parasitaire caractéristique des régions tropicales et subtropicales. En effet, des études visant à étudier l'épidémiologie du parasite *Haemonchus contortus* sous différentes conditions climatiques (Qamar 2009, Sanyal 2002) ont montré l'existence d'une corrélation significativement positive entre la prévalence de la maladie et la présence d'un climat tropical, caractérisé par une humidité, une pluviosité et des températures importantes.

Une autre étude, réalisée sur 91 chèvres en zone semi-aride à l'est de l'Ethiopie, montre que pour un même hôte, 11,3% des Nématodes du genre *Haemonchus* appartenaient à la famille d'*Haemonchus placei*, les 88,7% restant appartenaient à l'espèce *Haemonchus contortus*. (Kaplan 2004).

De même, l'abondance des œufs dans le milieu extérieur (pic d'opg) ainsi qu'un pic de prévalence des formes adultes sont observés pendant l'été (saison la plus chaude et la plus humide).

Cependant, une étude réalisée sur 215 ovins dans le sud-est du Costa Rica remet en cause l'importance épidémiologique d'*Haemonchus contortus* en climat subtropical : en effet, elle montre que seules 3,6% des larves identifiées appartiennent au genre *Haemonchus* (Abarca 1990).

2.3.3. Pouvoir pathogène

Le pouvoir pathogène d'*Haemonchus contortus* comprend 2 types d'effets :

- Effet de spoliation : il s'agit de la conséquence directe du régime alimentaire du parasite, aboutissant à une anémie par déperdition sanguine modérée mais prolongée dans le temps (anémie hypochrome microcytaire hyposidérémique). On estime qu'environ 10% du volume sanguin total est consommé chaque jour par *Haemonchus contortus* (Myers 2004, Hutchens 2005) ;
- Effet des produits d'excrétion/sécrétion à activité anticoagulante du parasite : leur objectif est de retarder la coagulation en inhibant l'agrégation des plaquettes grâce à une acétylcholinestérase, entraînant une hémorragie de la muqueuse qui se poursuit après le détachement du parasite.

Outre les signes cliniques classiques liés au parasitisme intestinal et décrits ci-après, *Haemonchus contortus* est donc à l'origine d'une anémie consécutive à son régime hématophage, parfois associée à une hypoprotéïnémie. En conséquence, des oedèmes déclives peuvent apparaître (signe de la bouteille) (Perez et al 2003, Burke 2005).

En effet, des études visant à évaluer la pathogénicité d'*Haemonchus contortus* ont été menées sur des caprins âgés de 9 à 12 mois. Les animaux ont été divisés en deux groupes : le groupe A étant le groupe artificiellement infesté et le groupe B étant le groupe témoin. Des prélèvements de matières fécales ainsi que des analyses sanguines ont été réalisés chaque semaine sur l'ensemble des animaux. Les résultats ont mis en évidence une protéinémie significativement plus faible chez les animaux appartenant au groupe A, par rapport au groupe témoin (Sharma et al 2001).

L'Haemonchose est présente sous trois formes :

- Forme suraigüe (rare) : gastrite hémorragique à l'origine d'une mort subite ;
- Forme aigüe (fréquente) : anémie (chute progressive de l'hématocrite) avec issue fatale en 1 à 6 semaines ;
- Forme chronique (la plus fréquente) : pertes de production importantes liées à une morbidité élevée et à une dégradation de l'état général des animaux.

2.3.4. *Individus sensibles*

Les animaux les plus fragiles vis-à-vis de l'infestation à *Haemonchus contortus* sont ceux caractérisés par une insuffisance ou une baisse de l'immunité, à savoir :

- Les individus jeunes : une étude réalisée au Pakistan montre que la prévalence d'*Haemonchus contortus* dans les premiers mois de vie est significativement plus élevée que pour les individus matures (Rizvi et al 1999) ;
- Les femelles en fin de gestation (2 semaines avant la mise-bas) et en début de lactation (2 semaines après la mise-bas).

La sensibilité de l'animal est donc étroitement liée à son stade physiologique, mais dépend également de la charge parasitaire. En effet, Ismail et al (2004) ont procédé au Soudan à des inoculations d'*Haemonchus contortus* sur des chèvres, avec 3 niveaux de charge parasitaire :

- 150 larves/kg ;
- 300 larves/kg ;
- 500 larves/kg.

Dans un intervalle de temps compris entre 5 et 35 jours post-inoculation, le taux de mortalité a atteint respectivement 5, 83 et 100% dans les trois groupes. D'autre part, les animaux ayant survécu étaient abattus, souffraient de perte d'appétit, de constipation, avaient perdu du poids et possédaient des muqueuses oculaires particulièrement pâles.

3. Conséquences sanitaires et économiques du parasitisme gastro-intestinal chez les caprins et moyens de lutte

A la différence de ce qui se passe chez les bovins et les ovins, l'espèce caprine ne développe pas de réelle résistance aux ré-infestations par les Nématodes gastro-intestinaux avec l'âge. Les chèvres adultes expulsent autant d'œufs qu'un animal plus jeune.

D'autre part, le parasitisme est en général plus intense chez les caprins que chez les ovins lorsque les deux espèces sont élevées dans les mêmes conditions.

3.1. Conséquences de l'infestation

3.1.1. Sur le plan économique: pertes de production

Les parasites gastro-intestinaux des caprins sont à l'origine de pertes de production plus ou moins importantes en l'absence de signes cliniques (on parle de parasitisme subclinique) : les conséquences du parasitisme gastro-intestinal vont de la diminution de prise de poids chez les mères, affectant les paramètres liés à la reproduction ainsi que la production de viande de chevreaux, jusqu'à la diminution de la production laitière. Ces différents effets ont été décrits dans les études réalisées par Kaplan (2004) et Maurer (2005) :

- *Effet sur le poids des mères* : des études ont montré que des chèvres fortement parasitées perdaient entre 4 et 6 kg de poids vif. D'autre part, il semblerait que la réponse optimale à un traitement antiparasitaire mensuel en termes de prise de poids s'observerait au cours de la période peri-partum ;
- *Effet sur la production de viande* : les mêmes études ont montré que des chèvres déparasitées régulièrement, particulièrement dans la période peri-partum, avaient un meilleur taux de fécondité, une augmentation significative de la prolificité, et un poids de portée à la naissance plus important que le groupe témoin non déparasité. Ces conséquences se répercutent de manière favorable sur le poids des chevreaux de lait vendus à 2 mois d'âge (jusqu'à 50% de poids en plus par rapport à un lot témoin non déparasité) ;
- *Effet sur la production laitière* : la réceptivité et la sensibilité aux Nématodes gastro-intestinaux sont particulièrement élevées chez les chèvres laitières hautes productrices, chez lesquelles on peut observer une diminution de la production laitière jusqu'à 15%, accompagnée de signes cliniques de parasitisme, évoqués ci-après. Chez les chèvres faiblement productrices, on notera une chute significative de la production de lait, mais sans symptomatologie visible.

En conclusion, dans un élevage laitier caprin, les chèvres hautement productrices sont celles qui ont la plus grande probabilité d'être parasitées ou d'excréter le plus d'œufs dans le milieu extérieur, ce sont également sur elles qu'un traitement antiparasitaire aura l'effet le plus bénéfique en termes de production (Hoste et Chartier, 2000).

3.1.2. Sur le plan clinique

Parfois, le niveau de parasitisme est tel que les pertes de production sont accompagnées de signes cliniques.

Le tableau clinique classique est le suivant : on observe une dégradation de l'état général de l'animal, un amaigrissement consécutif à une perte d'appétit (mise en jeu des hormones peptidiques gastro-intestinales telles que la cholécystokinine ou la gastrine) et à un phénomène de malabsorption suite à l'abrasion des villosités et à la destruction des entérocytes. Des troubles digestifs (diarrhée) peuvent également apparaître. Enfin, un retard de croissance peut être observé chez les jeunes.

Un tableau clinique avec présence de diarrhée a été observé à San Luis sur des chèvres fortement infestées par *Strongyloides papillosus*: le mécanisme de diarrhée s'explique par le fait que les larves infestantes s'enkystent dans la paroi de l'intestin grêle jusqu'à atteindre leur stade adulte, provoquant une forte irritation de l'épithélium digestif et un ramollissement des matières fécales.

Enfin, un niveau d'infestation très élevé présent chez un animal débilité peut conduire à une issue fatale. Deux cas de mortalité importante ont été reportés dans deux élevages laitiers caprins de la région du NOA : dans le premier cas, dans un élevage de Saanen de la Vallée de Lerma (Salta), 28,5% des laitières et 32,1% des chevrettes de renouvellement sont mortes des suites du parasitisme. Dans le second cas, dans la province de Jujuy, une haemonchose aigüe a causé la perte de 25 et 70% des effectifs de deux troupeaux.

Cependant, le tableau clinique n'étant pas spécifique, il est important de considérer le diagnostic différentiel relatif au parasitisme gastro-intestinal :

- Infections virales et bactériennes (Collar et al 2000) ;
- Déficit nutritif (Collar et al 2000).

3.2. Moyens de contrôle durable du niveau d'infestation : utilisation d'anthelminthiques

L'élevage caprin en Argentine est caractérisé par son système de production extensif, particularité qui favorise le développement du parasitisme. Afin de limiter les pertes de production dues aux parasitoses subcliniques, les éleveurs ont appris à gérer ce problème à l'aide de traitements anthelminthiques.

3.2.1. Les principales classes d'anthelminthiques utilisées

Trois familles d'anthelminthiques sont couramment utilisées :

- Les lactones macrocycliques : parmi elles se distinguent deux groupes de molécules, les avermectines (ivermectine majoritairement et doramectine) produites par le

champignon *Streptomyces avermitilis* et les milbémycines (moxidectine) produites par le champignon *Streptomyces cyaneogriseus* (Schoenian 2005, Molina et al 2005).

Les avermectines et la moxidectine sont efficaces contre les adultes, les formes immatures et les larves inhibées des Nématodes ; elles ne sont pas ovicides mais permettent néanmoins de réduire la viabilité des œufs produits par les Nématodes ayant survécu au traitement.

Le mécanisme d'action est le suivant : les lactones macrocycliques agissent au niveau de la transmission nerveuse du parasite (Prichard 2005), entraînant une paralysie flasque de sa musculature somatique (effet GABA-mimétique) dont les muscles du pharynx, empêchant ainsi la prise alimentaire du nématode, et causant sa mort par dénutrition (Kotze 1998, Sangster et Gill 1999).

- Les benzimidazolés : on retrouve dans cette catégorie le thiabendazole et le fenbendazole, qui sont les deux seuls composés autorisés par la FDA (Food and Drug Administration) pour les caprins (Kaplan 2004). Sont également utilisés l'albendazole, l'oxybendazole, l'oxfendazole ou encore le mébendazole (Schoenian 2003). Le spectre d'activité des benzimidazolés inclut les Nématodes gastro-intestinaux (adultes, larves et œufs) et les levures.

Le mécanisme d'action de cette classe de molécule correspond à une inhibition de la polymérisation de la β -tubuline en microtubule (Jasmer et al 2000), à l'origine d'une immobilisation du parasite et de son élimination passive avec les matières fécales.

- Les imidazothiazoles et les tétrahydropyrimidines : parmi eux, on retrouve le morantel (approuvé par la FDA (Food and Drug Administration)), le pyrantel et le lévamisole, actifs sur les adultes et les formes immatures mais inefficaces contre les stades larvaires inhibés (Schoenian 2005).

Les imidazothiazoles agissent sur les récepteurs nicotiniques à l'acétylcholine, synaptiques et extra-synaptiques des cellules musculaires du nématode, entraînant une dépolarisation des cellules musculaires et une paralysie spastique du parasite qui sera éliminé passivement avec les fèces (Martin 1999).

Outre les trois classes d'anthelminthiques décrites précédemment, le closantel, un anthelminthique issu de la famille des salicylanilides, peut également être utilisé contre les adultes et les formes immatures des Nématodes gastro-intestinaux hématophages. Il possède également une action douvicide. Le closantel agit comme un découpleur de la phosphorylation oxydative, et son efficacité est amplifiée en présence d'ivermectine.

Enfin, le monepantel a récemment fait son apparition dans la lutte contre les Nématodes gastro-intestinaux. Appartenant à la famille des dérivés d'aminocétonitrile (AAD), il est efficace contre les adultes et les stades larvaires inhibés, y compris des souches de parasites ayant développé une résistance aux benzimidazolés, au lévamisole et aux lactones macrocycliques. Il agit au niveau des récepteurs nicotiniques à l'acétylcholine du Nématode (Kaminsky et al 2008).

3.2.2. Cas particulier du métabolisme de la chèvre et conséquences en termes de posologie

Les caprins possèdent la particularité d'être plus sensibles aux infestations par les Nématodes que les ovins, cette différence étant due à une efficacité moindre dans l'élaboration et l'expression de la réponse immunitaire. D'autre part, le métabolisme caprin des anthelminthiques possède des particularités (Reinemeyer et Pringle 1993).

Par exemple, les caprins métabolisent plus rapidement les benzimidazolés que les autres ruminants, et l'éliminent plus vite. Le même phénomène a été mis en évidence pour l'ivermectine.

En conséquence, les posologies « standard » figurant sur le produit et définies pour les ovins ne sont pas adaptées aux caprins, qui nécessitent des doses supérieures pour compenser ce phénomène de clairance accélérée et obtenir une efficacité comparable à celle obtenue chez les ovins.

En particulier, la posologie relative au lévamisole doit être multipliée par 1,5, et celle relative aux autres composés doit être multipliée par 2 (Kaplan 2004, Burke 2004).

Classe d'anthelminthique	Principe actif	Posologie ovins	Posologie caprins
Benzimidazoles	Oxfendazole (oral)	5 mg/kg	10 mg/kg
	Fenbendazole (oral)	5 mg/kg	10 mg/kg
	Albendazole (oral)	3,8 mg/kg	7,6 mg/kg
	Mebendazole (oral)	15 mg/kg	30 mg/kg
	Thiabendazole (oral)	50 mg/kg	100 mg/kg
Imidazothiazoles	Levamisole (oral, SC)	7,5 mg/kg	12 mg/kg
Avermectines	Ivermectine (SC)	0,2 mg/kg	0,3 mg/kg
Milbémycines	Moxidectine (SC)	0,2 mg/kg	0,3 mg/kg
Salicylanilides	Closantel (oral, SC)	10 – 5 mg/kg	10 mg/kg

Tableau n°2: Principales classes d'anthelminthiques pour petits ruminants, posologies dans l'espèce ovine et posologies spécifiques des caprins (Chartier et Hoste 1997)

3.3. Emergence d'un phénomène de résistance aux substances anthelminthiques

Les éleveurs ont pris l'habitude de déparasiter leurs animaux de manière très fréquente, sans aucun contrôle vétérinaire ni diagnostic préalablement établi qui permettrait d'orienter le traitement vers tel ou tel type de molécule. D'autre part, les mêmes familles d'antiparasitaires sont utilisées depuis les années 70 (benzimidazolés, imidothiazolés et lactones macrocycliques). Enfin, afin de potentialiser les effets des traitements, les éleveurs combinent souvent plusieurs molécules en utilisant des produits issus de laboratoires pharmaceutiques

différents. Ces pratiques ont conduit à l'émergence d'un phénomène de résistance aux anthelminthiques, dont l'ampleur a atteint un niveau préoccupant en Amérique du Sud, et plus particulièrement en Argentine (Kaplan 2004).

La résistance se définit comme une réduction héritable de la sensibilité d'une population d'individus à l'action d'une drogue, se traduisant par l'apparition au sein de la population d'individus capables de tolérer des doses de drogues létales pour la majorité des individus (Anziani 2005).

La résistance serait un phénomène de pré-adaptation pour lequel des gènes de résistance existeraient déjà chez un petit nombre d'individus (à l'état hétérozygote ou homozygote) avant même la première exposition à la drogue considérée. Or quand cette drogue est utilisée de manière répétée, elle entraîne une pression de sélection qui contribue à faire augmenter la fréquence d'individus hétérozygotes pour l'allèle à l'origine de la résistance. A terme, la proportion de ce type d'individus devient majoritaire.

La résistance serait donc une adaptation d'une population de Nématodes confrontée à un stress permanent, tel que l'application répétée d'une même substance anthelminthique.

Ce phénomène de résistance, déjà connu en Europe, a été mis en évidence en Argentine en 2000, dans deux régions à la même époque (Aguirre, 2005) :

- Dans la province de Buenos Aires, un élevage laitier avait appliqué un traitement à base de benzimidazolés toutes les 3 semaines l'année précédente : une résistance des parasites *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis* a été mise en évidence (respectivement 21,5 et 0% d'efficacité).
- Dans la province de Salta (Vallée de Lerma), une résistance au fenbendazole a également été mise en évidence pour *Teladorsagia circumcincta*, ainsi qu'une résistance à l'ivermectine pour *Trichostrongylus colubriformis*.

Deux études ont montré que dans 90% des exploitations de Géorgie (USA), *Haemonchus contortus* avait développé une résistance à l'albendazole et à l'ivermectine, et que dans 30% des exploitations il avait développé une résistance au lévamisole (Terril et al 2001, Mortensen et al 2003).

3.4. Stratégies réduisant l'apparition du phénomène de résistance

3.4.1. Gestion des traitements anthelminthiques

Plusieurs modifications en termes de gestion sanitaire du troupeau sont accessibles à l'éleveur afin de ralentir l'émergence de résistance aux molécules anthelminthiques.

Pour les raisons de pharmacodynamie expliquées précédemment, il est conseillé d'appliquer un traitement antiparasitaire à la dose « caprine », et ce toujours en fonction du poids vif de l'animal à traiter (Zajac 2002).

Les traitements par voie orale doivent être appliqués par voie orale sous la langue, les formules les plus concentrées doivent être choisies préférentiellement (volume à administrer moindre).

D'autre part, il est nécessaire de limiter le nombre de traitements à 2 à 3 par an, réalisés lors des périodes à risque en termes d'infestation, et d'alterner chaque année les différentes familles d'anthelminthiques (Machen et al 1994, Zajac 2002), ou encore d'utiliser les nouvelles molécules récemment mises sur le marché (monepantel). Il est également recommandé de ne traiter que les animaux les plus sévèrement parasités (méthode de traitement sélectif, développée ultérieurement).

Enfin, un test de réduction de l'excrétion fécale des œufs après traitement ou FECRT (Fecal Egg Count Reduction Test) pourra être réalisé annuellement afin de vérifier l'efficacité des traitements mis en œuvre.

3.4.2. Gestion des pâturages

La présence des larves sur la pâture est un élément clé dans le contrôle du parasitisme. Certaines stratégies de gestion du pâturage permettent d'obtenir un sol à faible niveau de contamination parasitaire :

- Repos de la parcelle : cette méthode limite la probabilité de rencontre larve/hôte ; le repos doit être suffisamment long (quelques semaines à quelques mois selon le parasite mis en cause) pour permettre la mort d'une proportion considérable de larves, avant d'introduire de nouveaux animaux ;
- Pâturage alternatif : la parcelle est occupée de façon alternative par plusieurs espèces de ruminants, voire par d'autres catégories d'animaux appartenant à la même espèce. Les animaux occupant la parcelle à un temps donné ne seront donc pas ou peu sensibles à l'infestation par les larves excrétées par la population précédente, et la pression d'infestation diminuera ;
- Pâturage sur sol cultivé : après la moisson, des débris végétaux demeurent et peuvent être consommés par les ruminants, la nature du sol étant peu propice à la survie et au développement des larves.

Cependant, il convient de rappeler que certaines de ces stratégies sont difficilement applicables au NOA, notamment du fait de la politique particulière d'appartenance des terres (location de parcelles).

3.4.3. Augmentation de l'immunité, de la résistance et/ou de la tolérance naturelle de l'hôte

Afin d'aider l'animal à mieux lutter contre le parasitisme, plusieurs possibilités sont envisageables :

- Supplémentation nutritionnelle : il a été montré qu'un régime alimentaire adapté aux besoins de l'animal (croissance, gestation ou lactation) était une composante importante dans la réponse de l'animal à l'infestation parasitaire (Waller, 2003). Une différence significative a été mise en évidence lors de l'ajout de protéines à la ration, ces dernières favorisant une meilleure réponse immunitaire de l'hôte et diminuant la taille et la fécondité de la femelle parasite (Valderrabano et al, 2001) ;
- Sélection d'animaux génétiquement résistants : une fois établie, la résistance aux nématodes gastro-intestinaux se maintient à vie avec une efficacité contre différentes espèces parasites (Gray et al 1987, Gasbarre et al 2001, Baker 1999). Il semble cependant que les ovins soient plus sensibles à cette amélioration génétique que les caprins (Gruner et al, 2001);
- Vaccination : les études portant sur l'espèce ovine et donc par extension sur l'espèce caprine sont encore très limitées. Cependant, des études visant à l'élaboration d'un vaccin contre *Haemonchus contortus* ont permis de caractériser plusieurs antigènes potentiellement protecteurs ;
- Confinement des catégories susceptibles (jeunes et femelles en lactation à la suite de la mise-bas) : cette méthode a été décrite principalement dans les élevages ovins intensifs en zéro-pâturage (Verissimo et al, 2002).

3.4.4. Développement de nouvelles stratégies

Il existe très peu de moyens non chimiques développés dans la lutte contre le parasitisme. Parmi eux, peuvent être cités en exemple :

- Utilisation de champignons nématophages : il en existe plus de 200 espèces répertoriées qui utilisent les Nématodes comme source de nutriments. Parmi eux, les « champignons prédateurs » tels que *Duddingtonia flagrans* ont développé au cours de leur évolution des organes spécialisés capables de capturer les larves en mouvement ;
- Utilisation d'extraits végétaux : les tanins, présents dans certaines légumineuses (*Lotus corniculatus*, *Lotus pedunculatus*), auraient un double effet sur les Nématodes gastro-intestinaux : ils agiraient indirectement en limitant la charge parasitaire et en réduisant le nombre d'œufs (Min et al 2003), et directement en inhibant le développement larvaire de différents genres de Nématodes (Athanasiadou et al 2001) ;
- TSC (Traitement Sélectif Ciblé), ou principe du traitement sélectif : cette stratégie, développée dans la seconde partie, permet de ne traiter qu'une fraction du troupeau, le traitement étant réservé aux animaux sur lesquels le bénéfice sera maximum. Cela permet de limiter le nombre de traitements et en conséquence de réduire les phénomènes de résistance par le biais de l'effet « refuge ». Un exemple de la stratégie

TSC est la méthode FAMACHA : cette méthode a pour principe le traitement sélectif des animaux les plus sévèrement parasités, le niveau de parasitisme étant évalué en fonction de l'intensité de la pâleur de la muqueuse oculaire.

**SECONDE PARTIE : La
méthode FAMACHA, un
exemple de traitement
sélectif (synthèse
bibliographique)**

1. Importance des traitements sélectifs dans le développement d'approches basées sur la notion de refuge dans le contrôle des Nématodoses gastro-intestinales chez les petits ruminants

1.1. Notion de refuge

1.1.1. Définition

Afin de conserver l'efficacité des substances anthelminthiques existantes tout en maintenant un niveau de production optimal, et ce dans un contexte de développement de résistance, la notion de population de parasites « refuge » a été peu à peu développée.

Le concept de refuge a tout d'abord été décrit par les écologistes qui l'ont décrit comme étant un environnement localisé ayant échappé à un changement écologique régional et qui demeure pourtant l'habitat d'espèces en voie de disparition.

Ce concept a ensuite été repris par les chercheurs, qui considèrent comme refuge toute zone à l'intérieur de laquelle les membres d'une population n'ont pas été exposés à un contrôle chimique (Georghiou et Taylor 1977).

Enfin, les parasitologues ont utilisé le terme de « refuge » pour désigner une fraction d'une population ayant conservé sa sensibilité à un traitement anthelminthique au sein d'une population n'ayant pas été exposée à ce même traitement anthelminthique (Van Wyk et al 2002).

1.1.2. Mécanisme

La condition nécessaire au maintien de cette sensibilité est la possibilité pour le parasite refuge de réaliser son cycle en entier afin de pouvoir transmettre ses allèles de sensibilité à la génération suivante.

En effet, si une proportion d'une population n'est pas exposée au traitement, alors cette fraction sera dite sensible et porteuse d'allèles de sensibilité. Les stades larvaires issus de cette population de refuge sont capables de diluer le génotype résistant dans la zone de pâturage, et donc de réduire la proportion de parasites adultes résistants (Van Wyk et al 2006).

Bien qu'il existe d'autres facteurs influençant la vitesse d'apparition d'une résistance (traitements fréquents, posologies inadaptées), il semblerait que la proportion de parasites en refuge au sein d'une population soit le facteur déterminant dans la vitesse de développement d'une résistance (Van Wyk et al 2001). Ce facteur devrait faire l'objet d'une attention toute particulière lors de l'élaboration d'un plan de contrôle du parasitisme.

1.1.3. Sources de refuge

Dans les régions tempérées, 95% de la population de parasites est présente sur la pâture (Barnes et al 1995) : la pâture fournit donc un large réservoir de stades larvaires non exposés aux traitements chimiques.

En revanche, cela n'est pas toujours valable dans les zones tropicales. En effet, en l'espace de 4 semaines, la sécheresse extrême est capable de détruire tous les stades larvaires libres (Barger 1994), et donc de réduire la proportion de la population en refuge.

1.2. Facteurs influençant le maintien d'une population parasite refuge

1.2.1. Facteurs liés au parasite

Il existe deux facteurs dépendants du parasite :

- La fréquence de l'allèle résistant au sein de la population parasite : elle influence la vitesse à laquelle les parasites résistants homozygotes apparaissent dans la population ;
- Le potentiel reproducteur du parasite : il détermine le nombre d'individus nécessaire pour fournir un refuge efficace. Par exemple, avec un parasite caractérisé par un potentiel reproducteur élevé (*Haemonchus contortus*), le niveau de contamination de la pâture sera élevé avec peu d'individus, un refuge efficace pourra donc être maintenu avec une proportion relativement faible d'une population non exposée au traitement. En revanche, pour les espèces à faible potentiel reproducteur (*Teladorsagia circumcincta*), une plus grande proportion de la population hôte doit ne pas être exposée au traitement pour fournir le même niveau de refuge.

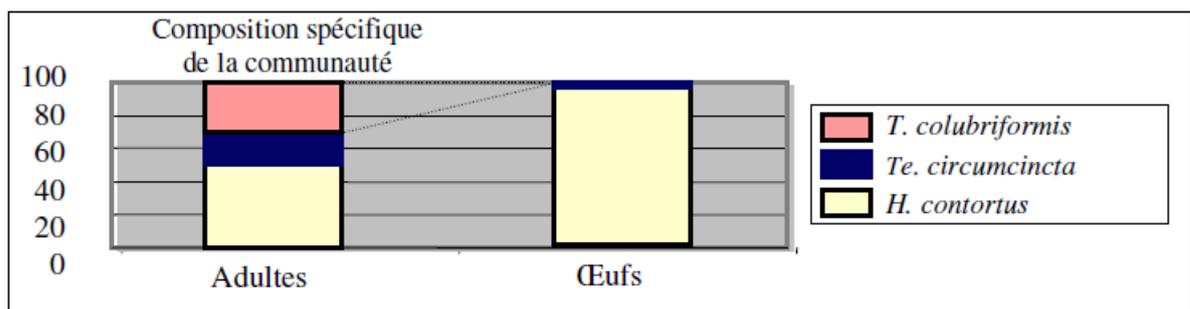


Figure n° 6 : Comparaison de la composition spécifique d'une communauté de nématodes adultes avec la quantité d'œufs correspondante (Anne Silvestre, présentation formation CEAV PARC 2006-2007)

La figure n° 6 met en évidence le potentiel reproducteur élevé d'*Haemonchus contortus*, en comparaison de *Teladorsagia circumcincta* et *Trichostrongylus colubriformis*. Une fraction faible d'individus parasités par *Haemonchus contortus* permet donc d'atteindre un niveau de contamination élevé de la pâture, et donc un refuge efficace.

1.2.2. Facteurs liés à l'hôte

Il s'agit du niveau de résistance de l'animal à l'infestation, qui dépend en partie de la qualité de la réponse immunitaire mise en place par l'hôte en réponse à l'infestation.

En effet, il a été mis en évidence que les animaux résistants nécessitaient moins de traitements anthelminthiques que les autres (Bisset et al 2001). Par exemple, pendant la saison de pâturage, une immunité protectrice se met en place ; en conséquence, la proportion d'animaux n'ayant pas besoin d'être traitée pour fournir un refuge efficace augmente avec le temps.

1.2.3. Facteurs liés à la gestion du troupeau en termes de pâturage

La pratique consistant à traiter un troupeau entier à un même moment, puis à le déplacer sur un nouveau pâturage supposé sain peu de temps après, est vivement déconseillée. En effet, la nouvelle pâture se contamine avec des œufs provenant de parasites ayant survécu au traitement (Abbott et al 2004).

Les résultats obtenus sont optimisés lorsque le traitement n'est administré qu'aux animaux pour lesquels il a les effets les plus bénéfiques.

Enfin, il semblerait que le pâturage partagé avec des animaux de sensibilités différentes vis-à-vis de l'infestation (espèces ou âges différents) conduirait à une impasse épidémiologique, étant donnée la spécificité d'hôte de nombreux strongles. Cette information permettrait d'expliquer la faible résistance aux anthelminthiques en Grèce (Papadopoulos et al 2001) et en Ethiopie (Sissay et al 2006), où cohabitent plusieurs catégories d'animaux sur une même parcelle.

1.3. Principe du traitement sélectif

1.3.1. Traitement ciblé

Un traitement ciblé est un traitement appliqué à l'ensemble du troupeau mais à un moment approprié, en gardant à l'esprit le principe de refuge.

L'objectif du traitement ciblé est de réduire le nombre de traitements en augmentant l'intervalle de temps entre deux traitements, et ainsi de minimiser la contamination du pâturage avec le génotype résistant. En effet, le génotype sensible devenant majoritaire, l'accouplement entre hétérozygotes est limité, ce qui réduit la production d'homozygotes résistants.

Des études menées en Australie et en Italie ont montré qu'il n'y avait pas de perte significative de production lorsque le traitement antiparasitaire réalisé classiquement en été était supprimé, le nombre de parasites présents sur la pâture à cette période de l'année étant limité (Besier et Love 2003, Cringoli et al 2008).

1.3.2. *Traitement Sélectif Ciblé (TSC)*

Il s'agit d'une application plus poussée du traitement ciblé, qui consiste, en plus de ne traiter qu'aux périodes les plus intéressantes, à ne traiter que les animaux pour lesquels les bénéfices seront les plus importants.

Les parasites gastro-intestinaux des petits ruminants ont la particularité de ne coloniser que peu d'animaux à un niveau significatif. En effet, seule une faible proportion d'hôtes (20 à 30%) concentre une grande majorité de parasites (80%) (Sreter et al 1994). Le principe du TSC est donc de ne traiter que cette fraction du troupeau, la difficulté étant de repérer ces animaux grâce à un certain nombre d'indicateurs.

1.4. Indicateurs disponibles pour l'évaluation du niveau de parasitisme

Afin d'identifier les animaux devant faire l'objet d'un traitement sélectif, les outils disponibles vont du simple repérage visuel (dégradation de l'état général) à l'utilisation de marqueurs physiopathologiques afin de savoir si le traitement est indiqué ou non (Besier 2008).

En effet, même si le niveau d'infestation parasitaire dépend de nombreux paramètres (déficit énergétique, qualité de la réponse immunitaire, génotype et espèce auxquels appartient le nématode considéré), la présence de signes cliniques est elle aussi liée au degré de parasitisme.

L'indicateur idéal permettant de décider de la conduite à tenir (traitement ou absence de traitement) doit être économique, simple d'utilisation, et nécessiter le moins possible de formation de la part de l'opérateur (Bisset et al 2001, Van Wyk et Bath 2002, Riley et Van Wyk 2009).

1.4.1. *Anémie consécutive à l'action de parasites hématophages : méthode FAMACHA*

Des études basées sur l'utilisation du degré d'anémie comme indicateur ont été menées en Afrique du Sud (Bath et al 1996, Van Wyk et al 1997, Malan et al 2001, Vatta et al 2001). La méthode FAMACHA, décrite ultérieurement, a été développée à partir du résultat de ces études. La méthode FAMACHA s'applique préférentiellement dans les petits élevages de faible rentabilité économique, caractérisés par un cheptel réduit et un accès facile à la main-d'œuvre.

Cette méthode a été développée avec succès dans plusieurs pays : en Afrique du Sud, où elle a été mise au point, mais également en Guadeloupe (Mathieu et al 2007), aux Etats-Unis (Burke et al 2007), et au Kenya (Ejlertsen et al 2006).

Enfin, en plus d'être utilisée comme un indicateur de traitement sélectif, la méthode FAMACHA a également été utilisée en Afrique du Sud afin d'identifier les souches

résistantes de nématodes gastro-intestinaux chez les agneaux (Bisset et al 2001, Burke et Miller 2008) et aux Etats-Unis (Riley et Van Wyk 2009).

1.4.2. « Dag Scoring »

Il s'agit d'une évaluation subjective de l'extension des souillures fécales présentes au niveau de l'arrière-train des animaux. Une note est attribuée de 0 (absence de souillure fécale) à 5.

Des études ont mis en évidence une corrélation curieusement négative entre le « Dag Score » et l'OPG (calcul du nombre d'Œufs Par Gramme de matières fécales) : il semblerait en effet qu'une note élevée soit associée à un OPG faible (Morris et al 2000-2005).

Cependant, des travaux aux Etats-Unis ont montré une corrélation positive entre les deux paramètres (Broughan et Wall 2007).

Enfin, Besier (2008) remet en cause la fiabilité de ce type d'indicateur pour les animaux de plus de 12 mois.

L'étude de la pertinence de l'utilisation de ce type de marqueur dans l'évaluation du niveau de parasitisme gastro-intestinal nécessite donc de faire l'objet de travaux plus approfondis.

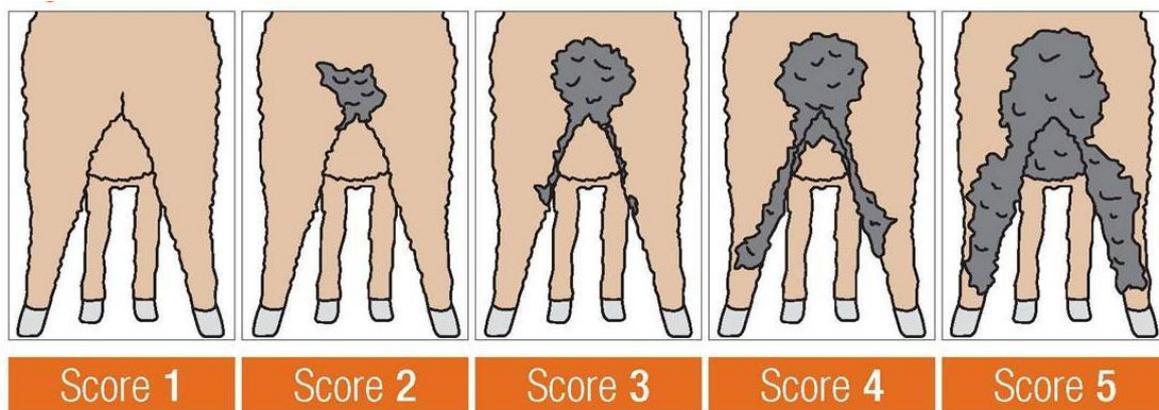


Figure n° 7 : Grille d'évaluation du « Dag Scoring » sur les ovins (www.agric.wa.gov.au)

1.4.3. Intensité de l'excrétion des œufs : opg (Œufs Par Gramme de matières fécales)

Les travaux de Leathwick et al (2006) ont comparé le GMQ (Gain Moyen Quotidien) d'un troupeau d'ovins dont la gestion sanitaire était basée sur l'utilisation de traitement sélectif à partir d'une valeur d'opg > 500, à un troupeau témoin soumis au principe de traitement suppressif (déparasitage de la totalité des animaux sans distinction du niveau de parasitisme).

Aucune différence significative n'a été mise en évidence en termes de GMQ entre les deux lots, bien que l'incidence d'*Haemonchus contortus* et de *Trichostrongylus colubriformis* soit nettement plus élevée dans la pâture.

L'application pratique de cette méthode est cependant limitée par la nécessité d'envoyer les échantillons prélevés à un laboratoire d'analyses équipé pour réaliser ce genre de dénombrement.

D'autre part, la limite à fixer en termes d'OPG dépend fortement de l'espèce du parasite considéré. En effet, concernant *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis*, l'intensité d'excrétion d'œufs est fortement corrélé positivement au degré d'infestation (Roberts et Swan 1981, Coadwell et Ward 1982). En revanche, cette corrélation n'a pas été mise en évidence pour des nématodes tels que *Nematodirus spp.* (Coles et al 1986) ou *Teladorsagia circumcincta* (Jackson et Christie 1979).

Enfin, dans les régions où la cohabitation de plusieurs espèces de nématodes est fréquente, la production importante d'œufs d'*Haemonchus contortus* tend à masquer la présence des autres espèces pour lesquelles la production d'œufs est plus limitée (*Trichostrongylus colubriformis*, *Teladorsagia circumcincta*).

1.4.4. Production de lait

Des études menées sur des élevages caprins laitiers en France (Hoste et al 2002) ont montré que les femelles au premier rang de lactation ainsi que les multipares dont le niveau de production était élevé possédaient une plus grande sensibilité au parasitisme.

Une stratégie de traitements ciblés sur ces deux catégories d'animaux a été mise en place pendant deux ans, et a permis de réduire de 48% le nombre de traitements administrés la première année, et de 66% la seconde année, sans qu'il y ait d'impact négatif sur la production laitière ou encore l'excrétion d'œufs.

La production laitière chez les caprins peut donc être utilisée comme un marqueur permettant d'identifier quels sont les animaux ayant le plus besoin d'un traitement.

1.4.5. Gain Moyen Quotidien (GMQ)

Le GMQ semble diminuer lorsque l'animal est infesté par des parasites gastro-intestinaux (Coop et al 1977, Hubert et al 1978).

En particulier, une étude a montré que le GMQ était réduit chez les agneaux infestés par *Teladorsagia circumcincta*, et ce bien avant l'apparition des premiers signes cliniques (Coop et al 1977).

Enfin, en 2009, Kenyon a réalisé sur deux ans une étude montrant une absence de différence significative en termes de GMQ, entre des agneaux appartenant à un groupe témoin de

traitement suppressif (environ un traitement par mois), et des agneaux appartenant à un groupe de traitement ciblé (diminution de 50% du nombre total de traitements administrés). D'autre part, l'efficacité de l'ivermectine a été maintenue dans le groupe de traitement ciblé, alors qu'une résistance est apparue dans le groupe de traitement suppressif.

1.5. Mise en place d'une stratégie de traitement sélectif à l'échelle de l'élevage

Le choix de la stratégie à mettre en place, c'est-à-dire de l'indicateur à utiliser afin d'identifier les animaux qui tireront le bénéfice le plus important du traitement d'un point de vue parasitologique ou en termes de performances de production, dépend du type d'élevage et du contexte épidémiologique dans lequel il se trouve.

L'acceptation de la mise en place de telles stratégies et ses conséquences en termes de gestion du troupeau nécessitent une sensibilisation importante de l'éleveur face à la problématique de l'émergence de résistance aux anthelminthiques.

En effet, pendant de nombreuses années, alors que le contrôle du parasitisme était encore axé sur la maximisation de la production, les éleveurs étaient encouragés à traiter régulièrement et à gérer le troupeau de façon à minimiser la contamination de la pâture. Or, depuis peu, avec le besoin récent de considérer la notion de refuge pour limiter le développement de résistance, les conseils donnés aux éleveurs ont changé : on préconise désormais de laisser une partie des animaux sans traitement afin de préserver une population de parasites susceptibles.

D'autre part, quelle que soit la méthode choisie, il est important pour l'éleveur que cette stratégie minimise toute perte de production. Un équilibre doit être trouvé entre la fréquence et les conditions d'utilisation des anthelminthiques, et le niveau de production des animaux (Van Wyk et al 2006).

Conclusion : Maintenir un niveau de refuge efficace est aujourd'hui considéré comme un des facteurs les plus déterminants dans la lutte contre le développement de résistance aux anthelminthiques.

Cet objectif peut être atteint grâce à la stratégie de traitement sélectif, qui vise à réduire le nombre de traitements anthelminthiques utilisés chez les petits ruminants, tout en préservant les performances de production des animaux.

Cependant, il existe un réel besoin de développer de nouveaux indicateurs fiables et durables permettant de sélectionner les animaux à déparasiter : la méthode FAMACHA en fait partie.

2. La méthode FAMACHA : une stratégie de traitement sélectif participant au contrôle de l'Haemonchose chez les caprins

2.1. Contexte épidémiologique nécessaire à son application

2.1.1. Conditions climatiques

Comme expliqué précédemment, la méthode FAMACHA est un moyen d'évaluation subjective de l'état anémique de l'animal, basée sur l'intensité de la pâleur des muqueuses oculaires, cette anémie étant consécutive à l'infestation par *Haemonchus contortus* (Malan et Van Wyk 1992, Malan et al 2001).

Une des conditions nécessaires à l'application de cette méthode est donc un contexte épidémiologique favorable au développement et à la survie d'*Haemonchus contortus*, à savoir toutes les régions dans lesquelles ce nématode est prédominant (Miller et Waller 2004).

2.1.2. Espèces auxquelles la méthode FAMACHA est applicable

Initialement, la méthode FAMACHA a été développée en Afrique du Sud sur des ovins (Bath et al 2001).

Cependant, l'application de cette méthode au système d'élevage caprin est possible, avec une sensibilité relativement élevée :

- 67 à 69% (Van Wyk et Bath 2002)
- 76% et 85% (Vatta et al 2001) selon deux études réalisées respectivement pendant les étés 1998/1999 et 1999/2000 chez des petits producteurs à ressources financières limitées, en Afrique du sud.

Rappelons que la sensibilité est la probabilité que le test soit positif si l'animal est malade. Concrètement, la sensibilité relativement élevée de ces études montre que lorsque la note attribuée à la muqueuse oculaire est suffisamment élevée (seuil de « positivité » à déterminer), il y a 67 à 85% de chance pour que l'animal soit effectivement anémié.

Une mesure de sensibilité s'accompagne toujours d'une mesure de spécificité, qui correspond à la probabilité d'obtenir un test négatif chez un animal sain.

Dans notre cas précis, la spécificité réduite (52 à 55%) indique que pour seulement un cas sur deux environ, un animal non anémié sera caractérisé par une note de couleur de muqueuse oculaire faible (muqueuses rosées).

L'utilisation de la méthode FAMACHA chez les ovins et caprins a été validée dans le sud des Etats-Unis par l'ensemble des membres de l'Association pour le Contrôle du Parasitisme chez les Petits Ruminants (Burke 2005).

FAMACHA est considérée actuellement comme la composante la plus importante du programme destiné à ralentir l'apparition de résistances (Kaplan 2004).

2.2. Application pratique

2.2.1. Evaluation clinique

Le principe de la méthode FAMACHA est d'évaluer la coloration de la conjonctive oculaire et de la comparer à une table illustrée montrant les différentes nuances de coloration de la muqueuse oculaire, en relation avec l'état anémique de l'animal (Gauly 2004, Burke 2005).

Cette table comparative a été établie avec une échelle de cinq catégories (Kumba 2002), permettant ainsi l'attribution d'une note allant de 1 (muqueuse oculaire rouge foncé) à 5 (muqueuse oculaire blanchâtre).

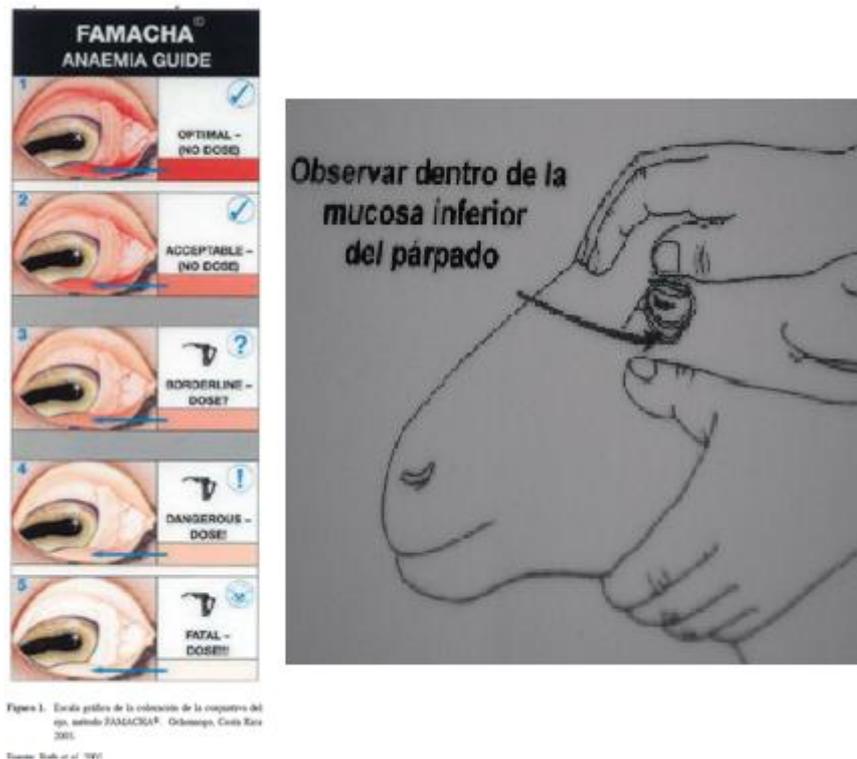


Figure n° 8 : Table FAMACHA montrant les différentes nuances de la coloration de la muqueuse oculaire et son guide d'utilisation

2.2.2. Instructions d'utilisation de la table comparative

Les recommandations à suivre pour utiliser au mieux la table des nuances sont les suivantes :

- Réaliser l'évaluation de la coloration de la muqueuse oculaire à la lumière naturelle ;

- Appliquer une pression sur la paupière supérieure avec un pouce, et tirer vers le bas la paupière inférieure avec l'autre pouce afin d'en visualiser la muqueuse ;
- Réaliser l'évaluation dans un court intervalle de temps, afin d'éviter que des manipulations trop longues ne congestionnent artificiellement la muqueuse de la paupière et ne faussent la note ;
- Comparer la couleur de la muqueuse de la paupière inférieure avec celles fournies par l'échelle comparative ;
- Si un doute subsiste entre deux graduations, choisir la catégorie inférieure (couleur la plus pâle) ;
- Réaliser dans la mesure du possible cette évaluation clinique chaque semaine, et ne pas laisser passer plus de 2 à 3 semaines sans évaluation pendant la période d'incidence maximale du parasite *Haemonchus contortus* ;
- Renouveler la table comparative chaque année afin d'éviter sa décoloration à la lumière naturelle ou par d'autres facteurs ;
- Toujours utiliser la table comparative lors de l'évaluation clinique, ne pas faire confiance à sa mémoire.

2.3. Corrélation entre la note FAMACHA et l'hématocrite

L'existence d'une corrélation entre la couleur de la muqueuse oculaire, représentée par la note obtenue suite à l'évaluation clinique FAMACHA, et l'hématocrite de l'animal a été mise en évidence.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant.

note FAMACHA	Hématocrite (Ht)
1	Ht > 28
2	23 < Ht < 27
3	18 < Ht < 22
4	13 < Ht < 17
5	Ht < 12

Tableau n° 3 : Corrélation entre la note FAMACHA et l'hématocrite (Schoenian, 2005)

De même, Bisset et al (2001) ont montré que l'hématocrite et la note FAMACHA étaient liés de manière significative.

2.4. Conduite à tenir en termes de traitement

Il convient de définir le seuil de note FAMACHA à partir duquel on considère que le test est « positif ». De même, il faut définir à partir de quelle valeur d'hématocrite l'animal est dit « malade », c'est-à-dire « anémique » dans notre cas particulier.

En fonction de la note FAMACHA obtenue, l'opérateur décide donc de traiter ou non l'animal en question.

Les diverses études menées sur les ovins ont conduit aux recommandations suivantes en termes de conduite à tenir :

Note FAMACHA	Niveau de parasitisme supposé	Conduite à tenir
1 ou 2	acceptable	ne pas traiter
3	intermédiaire	décision de traiter ou non appartenant à l'opérateur
4 ou 5	à risque (anémie importante)	traitement précoce indispensable

Tableau n°4 : Conduite à tenir en fonction de la note FAMACHA obtenue (Bath et al 2001, Vatta et al 2001, Schoenian 2003, Myers 2004, Burke 2005, Besier 2008)

Les animaux ayant obtenu les notes de 4 ou 5 doivent être identifiés afin de faciliter leur suivi. La conduite à tenir en termes de traitement antiparasitaire les concernant dépendra de plusieurs facteurs, comme par exemple leur appartenance ou non à une catégorie dite sensible (jeunes, femelles en fin de gestation ou en début de lactation), ou leur état général (note d'état corporel, appétit...).

D'autre part, en cas de signes d'anémie trop importante (œdème de l'auge ou signe de la bouteille) au sein du troupeau, il est conseillé d'inclure dans le protocole de traitement les animaux appartenant à la seconde catégorie, en plus des animaux des catégories 3, 4 et 5 (Van Wyk et Bath 2002).

En ne traitant que les animaux appartenant aux catégories 4 ou 5, se produit l'effet refuge expliqué précédemment (maintien d'une proportion de la population de nématodes non soumis au traitement anthelminthique ; Kaplan 2004).

Des essais préliminaires ont montré que les performances de production n'étaient que peu voire pas affectées lors de la mise en place de tels traitements sélectifs guidés par la méthode FAMACHA (Vatta et al 2001).

2.5. Bilan de la méthode FAMACHA

2.5.1. Avantages

La méthode FAMACHA est un moyen efficace et peu coûteux de contrôler la population d'*Haemonchus contortus*, parasite réduisant considérablement le potentiel de production des élevages de petits ruminants.

Elle permet de réduire les coûts de production au travers d'un programme de déparasitage sélectif, tout en maintenant une population de parasites sensibles aux produits disponibles sur le marché, ralentissant ainsi l'émergence du phénomène de résistance.

D'autre part, il s'agit d'un outil applicable à l'échelle de l'élevage, par des personnes de faible niveau scolaire car il ne fait pas appel à des termes techniques d'une grande complexité. De même, la méthode FAMACHA ne nécessite aucune analyse qui impliquerait la présence d'un laboratoire équipé de matériel spécialisé à proximité.

Enfin, l'application de cette méthode, couplée à la réalisation annuelle d'OPG et de Test de Réduction des Œufs dans les matières fécales, permet non seulement d'optimiser les résultats obtenus suite au traitement antiparasitaire en ne ciblant que les animaux en ayant vraiment besoin, mais également permet à l'éleveur de sélectionner des animaux génétiquement résistants à *Haemonchus contortus*, en éliminant les animaux sensibles de la reproduction (Bath et al 2001).

En effet, il a été montré que dans un troupeau, 20% des animaux présentaient une sensibilité majeure à *Haemonchus contortus* (Burke 2005, Kaplan 2004) : la méthode FAMACHA permet d'identifier ces animaux, de les traiter, puis de les écarter progressivement du troupeau.

2.5.2. Inconvénients

L'évaluation clinique régulière de la couleur de la muqueuse oculaire est une activité chronophage, adaptée surtout aux élevages de faibles effectifs et ayant accès à une main d'œuvre importante et peu rémunérée. En effet, pour des résultats optimaux, il est recommandé de la réaliser toutes les 2 à 3 semaines au moins pendant la période d'incidence maximale d'*Haemonchus contortus* (Myers 2004, Kaplan 2004).

La méthode FAMACHA n'est applicable que dans le cas des infestations à parasites hématophages, et nécessite en conséquence un contexte épidémiologique particulier.

Il est également à souligner que toutes les anémies ne sont pas dues à l'infestation par *Haemonchus contortus* ; en effet d'autres maladies vectorielles (transmises par les tiques notamment) ainsi que la Fasciolose, particulièrement présente en milieu tropical, sont susceptibles d'engendrer le même tableau clinique.

D'autre part, les personnes chargées de réaliser cette évaluation clinique doivent avoir reçu une formation pratique de façon à limiter les erreurs d'interprétation. En effet, toute stratégie nouvelle requiert une formation préalable du personnel avant sa mise en place (Kaplan et Miller 2004).

Enfin, il s'agit d'une méthode d'évaluation subjective, raison pour laquelle les résultats peuvent légèrement différer d'un opérateur à un autre (Myers 2004). En effet, des études

réalisées en Guadeloupe (Mahieu et al) rapportent une période « d'appropriation » de la méthode de notation d'environ un an avant d'être pleinement significative.

3. Essais expérimentaux utilisant la méthode FAMACHA dans le contrôle de l'Haemonchose chez les ovins : résultats préliminaires (Van Wyk, 2008)

3.1. Matériel et méthodes

Trois études, représentées par trois groupes d'essai, ont été menées en Afrique du Sud, réparties sur 2 exploitations.

3.1.1. Pâturage

Le pâturage est représenté par une prairie naturelle, divisée en plusieurs parcelles, sur lesquelles une rotation est effectuée en fonction de l'abondance de l'herbe, avec retour à la parcelle initiale toutes les 3 à 5 semaines durant la saison des pluies.

Lors des rotations, les parcelles peuvent être occupées par des troupeaux ne participant pas à l'expérimentation.

D'autre part, afin d'éviter le biais potentiel lié à l'alimentation (les différences de niveau de production s'expliquent davantage par des différences d'état corporel que par des différences en terme de niveau de parasitisme), un niveau de nutrition équivalent entre chaque troupeau est souhaitable, mais cependant impossible à réaliser en pratique si les troupeaux paissent sur des pâtures différentes. C'est pour pallier à ce problème que la pâture a été divisée en plusieurs parcelles possédant des caractéristiques similaires en termes de pente, de composition et de type de végétation.

3.1.2. Animaux

Chaque groupe d'essai est divisé en 2 sous-groupes :

- Sous-groupe A : tous les animaux bénéficient d'un traitement antiparasitaire, répété à intervalle de temps court, sans distinction en fonction du niveau de parasitisme ; cette opération vise à exclure le facteur « parasitisme » comme facteur influençant la production ;
- Sous-groupe B : tous les animaux sont évalués cliniquement conformément aux recommandations FAMACHA à intervalle régulier, seuls les animaux jugés « modérément à sévèrement » anémiés (c'est-à-dire auxquels a été attribuée une note allant de 3 à 5) bénéficient d'un traitement antiparasitaire.

Enfin, l'éleveur réalise lui-même la répartition des ovins selon un mode aléatoire dans chacun des deux groupes d'essai, d'après la méthode suivante : les animaux sont placés dans un

couloir dans lequel ils cheminent 2 à 2, chacun étant placé dans un des 2 sous-groupes A ou B.

3.1.3. Analyses réalisées

Le suivi des animaux est réalisé de la façon suivante :

- Evaluation clinique de la couleur de la muqueuse oculaire de chaque animal, permettant l'attribution d'une note allant de 1 (rouge foncé) à 5 (blanc), chaque semaine ;
- Attribution d'une note d'état corporel (Body Condition Scoring) ;
- Prélèvement de matière fécale en vue de la réalisation d'une analyse coproscopique (selon la méthode de Mac Master) ;
- Prélèvement de sang en vue de la mesure de l'hématocrite (évaluation du niveau d'anémie).

3.2. Résultats

3.2.1. Exploitation 1 – Groupe 1

L'exploitation est située à Highveld of Mpumalanga, une région caractérisée par une distribution uniforme des pluies, ce facteur étant favorable au développement d'*Haemonchus contortus*.

D'un point de vue épidémiologique, la prédominance d'*Haemonchus contortus* a été mise en évidence au préalable dans ce secteur, ainsi que la présence de *Trichostrongylus colubriformis* et de *Teladorsagia circumcincta* en quantité suffisante pour être à l'origine de pertes de production.

Le troupeau utilisé pour l'étude est constitué de béliers de renouvellement appartenant à la race Merinos, ainsi que de 48 femelles d'âge similaire introduites en octobre et réparties aléatoirement dans les deux sous-groupes (24 femelles dans chaque sous-groupe).

Les animaux appartenant au sous-groupe A ont tous reçu un traitement à base de lévamisole à intervalle régulier du 30 novembre au 19 février.

Seuls les animaux appartenant au sous-groupe B dont la note FAMACHA était supérieure ou égale à 3 ont reçu un traitement à base de lévamisole.

L'évaluation clinique FAMACHA ainsi que l'évaluation de l'état corporel sont réalisés à intervalle régulier du 30 novembre au 19 février.

Les résultats sont les suivants :

- Sous-groupe A : la moyenne d'opg varie de 78 (prélèvement réalisé en novembre après le traitement initial) à 728 opg (prélèvement réalisé en février) ;

- Sous-groupe B : la moyenne d'opg varie de 75 (prélèvement réalisé en novembre après le traitement initial) à 15000 opg (prélèvement réalisé en février) ;
- La coproscopie a souligné la présence d'*Haemonchus contortus* en quantité importante, ainsi qu'un faible pourcentage de *Trichostrongylus colubriformis* et de *Teladorsagia circumcincta* pendant toute la période d'expérimentation, sauf pendant la saison la plus propice au développement d'*Haemonchus contortus* pendant laquelle *Trichostrongylus colubriformis* et de *Teladorsagia circumcincta* apparaissaient virtuellement absents (phénomène de dilution consécutif à l'abondance d'*Haemonchus contortus*) ;
- Une proportion importante de femelles du sous-groupe B était caractérisée par un opg élevé entre le 23/01 et le 19/02 ;
- Aucune différence significative n'a été observée en termes d'état corporel pour les deux sous-groupes.

D'autre part, une résistance importante d'*Haemonchus contortus* aux composés actifs disponibles a été mise en évidence ; l'efficacité des molécules les plus fréquemment utilisées (Albendazole, Rafoxanide, Ivermectine et Lévamisolé) variant de 0 à 76%.

Paradoxalement, les différences les plus importantes entre les deux sous-groupes, relatives au score FAMACHA, ont été rencontrées aux périodes pendant lesquelles les OPG étaient relativement faibles. On en déduit que les notes FAMACHA sont difficiles à mettre en relation avec le suivi coproscopique.

D'autre part, bien que les dénombrements parasitaires du sous-groupe A aient toujours été très faibles, ils sont toujours restés positifs, ce qui met en évidence l'existence de résistance aux anthelminthiques au sein de cette exploitation. Cependant, cette conclusion est à nuancer du fait d'un intervalle entre deux traitements supérieur à la période prépatente d'*Haemonchus contortus* (21 jours).

Enfin, il est à souligner que les évaluations FAMACHA du sous-groupe B, ainsi que les traitements anthelminthiques systématiques administrés aux animaux du sous-groupe A, ont été réalisés de façon irrégulière pour des raisons pratiques (activité chronophage). Ainsi, alors que l'intervalle de temps recommandé entre deux évaluations cliniques FAMACHA est de 7 jours (Van Wyk and Bath 2002) au moment du pic d'*Haemonchus contortus*, il a été nettement supérieur en réalité.

3.2.2. Exploitation 2 – Groupe 2

L'expérimentation se déroule sur le même site que précédemment, dans les mêmes conditions de terrain.

Les animaux sont représentés par deux lots de brebis de renouvellement, d'un âge similaire aux béliers et aux femelles du groupe 1. Le sevrage a été réalisé quelques mois auparavant.

L'intervalle entre deux évaluations cliniques FAMACHA varie de 12 à 32 jours, ce qui est là encore supérieur à l'intervalle recommandé (7 jours) au moment du pic d'*Haemonchus contortus*.

Les résultats sont les suivants :

- Les dénombrements parasitaires ont mis en évidence des comptages très élevés, avec notamment 25 brebis à plus de 15000 opg, dont 5 à plus de 30000 opg (un maximum de 38000 opg ayant été atteint sur l'une d'entre elles) ;
- La pesée des animaux au moment du 3^{ème} prélèvement a montré que les animaux du sous-groupe A étaient en moyenne plus lourds que ceux du sous-groupe B ;
- La pesée des animaux au moment du dernier prélèvement n'a montré aucune différence significative en termes de poids entre les deux sous-groupes ;
- L'anémie a été plus marquée au sein du sous-groupe B que du sous-groupe A.

Tout comme pour l'essai 1, une résistance aux anthelminthiques au sein de l'exploitation a été mise en évidence du fait d'une diminution de l'efficacité des traitements réalisés.

D'autre part, aucune différence significative entre les sous-groupes A et B n'a été soulignée en terme de note FAMACHA ; ces différences auraient sans doute été plus nettes si les animaux n'avaient pas été déparasités au moment du pic d'*Haemonchus contortus*, comme ce fut le cas également pour l'essai 1.

Enfin, tout comme pour l'essai 1, il est à prendre en considération le fait que les évaluations cliniques FAMACHA n'ont pas pu être réalisées dans les conditions optimales décrites précédemment.

3.2.3. Exploitation 2 – Groupe 3

La troisième expérimentation se déroule au sein d'une exploitation localisée à Eastern Free State. Dans cette région, le niveau de pluviosité est plus faible que pour la première exploitation, et est caractérisé par une distribution également plus hétérogène.

En termes de condition de terrain, la zone de pâture est constituée d'une prairie naturelle de composition similaire à celle de la première exploitation, la pente étant cependant plus importante.

Les animaux sont représentés par 350 brebis de race Merinos, auxquelles ont été ajoutées 96 brebis de renouvellement réparties aléatoirement dans les deux sous-groupes A et B (48 brebis dans chaque sous-groupe).

Une des différences en termes de gestion des traitements par rapport à la première exploitation consiste ici en l'absence de déparasitage du sous-groupe B au moment du pic d'*Haemonchus contortus*.

Les résultats sont les suivants :

- Les prélèvements réalisés à l'issue du premier traitement sur les animaux du sous-groupe A ont mis en évidence un dénombrement parasitaire très faible ;
- Quelques brebis du sous-groupe A étaient caractérisées par un dénombrement parasitaire supérieur à 6000 opg en janvier et en février, avec un maximum de 15400 opg chez l'une d'entre elles ;
- Concernant l'évaluation clinique FAMACHA, aucune différence significative entre les deux sous-groupes n'a été notée au cours des deux premiers et des deux derniers prélèvements ; en revanche, on constate une différence significative entre les deux sous-groupes au moment des quatre sessions de prélèvements réalisées au pic d'*Haemonchus contortus* (entre le 10/01 et le 18/03).

3.3. Discussion

L'utilisation d'un système TSC (Traitement Sélectif Ciblé), dont fait partie la méthode FAMACHA, permettrait de réduire le phénomène de résistance aux anthelminthiques qui se développe peu à peu au sein des élevages de petits ruminants, et particulièrement en Afrique du Sud, où la situation est déjà très compromise.

L'unique critère considéré pour choisir quels sont les animaux à traiter préférentiellement a été la note FAMACHA attribuée à l'issue de l'évaluation clinique. Il ressort de cette étude que seuls les animaux dont la note est supérieure ou égale à 3 doivent recevoir un traitement antiparasitaire. Cependant, on peut également envisager la possibilité de traiter les animaux ayant obtenu une note de 2, ou encore de traiter la totalité des animaux dans le cas où on observe un taux d'animaux anémiés élevé indiquant que trop peu d'animaux ont été traités.

D'autre part, plus l'évaluation clinique de la couleur de la muqueuse oculaire sera réalisée fréquemment et plus les animaux sévèrement parasités seront dépistés et traités précocement, et en conséquence moins l'effet sur la production sera visible. Il est à noter que dans les différents essais réalisés au sein des deux exploitations, les ovins n'étaient pas traités avant qu'ils n'aient atteint un stade élevé en termes d'anémie (traitement à partir d'une valeur d'hématocrite inférieure à 15 dans l'essai 3) ou en termes de pâleur de muqueuse oculaire (traitement à partir d'une note FAMACHA supérieure à 3).

Cependant, la fiabilité de l'évaluation clinique réalisée par l'éleveur lui-même et sans le support d'une décision extérieure est discutable, dans le sens où il a été constaté en relation avec les valeurs des hématocrites que l'observateur avait tendance à systématiquement classer les animaux une note au-dessus de la note réelle. Ainsi, un mouton ayant obtenu une note de 3 lors de l'évaluation clinique, avait en réalité une note de 2 d'après les données recueillies suite aux différentes analyses de sang, et a en conséquence, avait été traité alors qu'il n'aurait pas dû.

D'autre part, plusieurs facteurs rendaient l'évaluation FAMACHA difficilement réalisable dans les conditions optimales, à savoir :

- Les vastes surfaces des parcelles, en lien avec l'élevage de type extensif de l'exploitation ;
- La difficulté à obtenir des parcelles de valeur nutritive similaire.

D'autre part, un autre inconvénient résidait dans le fait que les animaux des deux sous-groupes pâturaient tous sur une seule et même parcelle, dans les trois essais. On peut donc imaginer en conséquence que les résultats obtenus en termes de dénombrement larvaire aient été biaisés par l'hypothèse d'une contamination de la pâture par les larves rejetées par les animaux du sous-groupe A, disponibles pour infester les animaux du sous-groupe B.

Cependant, le biais semble avoir été minimisé par une utilisation optimale de la parcelle au sein des deux exploitations (pas de surpâturage), et un sous-groupe A constitué d'une population réduite par rapport au nombre d'animaux pâturant. Enfin, il est à noter que les parcelles utilisées pour les expérimentations ont été mises en rotation avec d'autres lots d'animaux ne faisant pas partie de l'étude.

Enfin, il est important de rappeler que l'intervalle optimal de 7 jours entre deux évaluations FAMACHA n'a pas été respecté et a été largement dépassé (12 à 32 jours au pic d'*Haemonchus contortus*).

Il apparaît difficile, à la lumière de ces différents arguments, de tirer une conclusion claire de ces différentes expérimentations, la reproductibilité des résultats obtenus étant discutable. D'autres essais utilisant une méthode TSC au sein d'exploitations caractérisées par un contexte climatique différent et une gestion différente du troupeau devront donc être réalisés en complément, afin de valider ou d'infirmer les résultats obtenus.

Concernant le niveau de production des animaux, les différences entre les deux sous-groupes d'animaux de renouvellement se sont révélées non significatives en condition d'infestation massive par *Haemonchus contortus*. En conclusion, aucun écart important n'apparaît en termes de perte de production lors de l'utilisation d'un système TSC (ici, la méthode FAMACHA) ou lors de la mise en œuvre du programme de déparasitage conventionnel de la région concernée (traitement antiparasitaire « suppressif »), alors qu'une perte de production est attendue quand on utilise n'importe quelle méthode de TSC.

Une question se pose alors : quel niveau de perte de production les éleveurs sont-ils capables d'accepter ? En effet, diverses enquêtes d'opinion menées notamment en Afrique du Sud aboutissent à la conclusion suivante : même une perte marginale de production ne peut être admise par les éleveurs, très dépendants de la production des petits ruminants, et ce tant que la résistance aux substances anthelminthiques n'a pas atteint un niveau suffisamment élevé pour ne laisser d'autres alternatives. La seule solution à cette impasse serait donc une utilisation optimale d'un système TSC.

TROISIEME PARTIE :
Validation de la méthode
FAMACHA dans le but de
détecter une anémie clinique
dans les élevages caprins du
Nord-Ouest de l'Argentine

1. Objectifs

Comme cela a été décrit dans la première partie, de multiples résistances aux substances anthelminthiques se sont développées ces dernières années en Argentine, et plus particulièrement dans la région NOA, caractérisée par la prédominance de l'élevage caprin selon un système de pâturage semi-extensif à extensif.

Or, jusqu'à présent, aucune étude n'avait encore porté sur d'éventuels moyens de contrôle des populations parasites d'*Haemonchus contortus* dans la région NOA au sein des systèmes d'élevage caprin, région particulièrement propice au développement et à la survie de ce parasite hématophage responsable d'anémie, du fait du contexte climatique (climat subtropical à tropical).

Les objectifs de cette étude expérimentale portent donc sur les modalités de validation de la méthode FAMACHA telle qu'elle a été explicitée dans la seconde partie, développée en Afrique du Sud sur les ovins au début des années 90, appliquée aux élevages caprins du nord-ouest de l'Argentine.

Plus précisément, il s'agit de définir plusieurs points :

- les conditions de mise en place du test permettant le diagnostic d'anémie clinique sur les chèvres laitières ;
- le degré de corrélation existant entre la note FAMACHA et l'hématocrite ;
- le degré de corrélation existant entre la note FAMACHA et l'opg ;
- la sensibilité et la spécificité de la technique concernant la détermination des animaux à traiter dans le cadre du traitement sélectif.

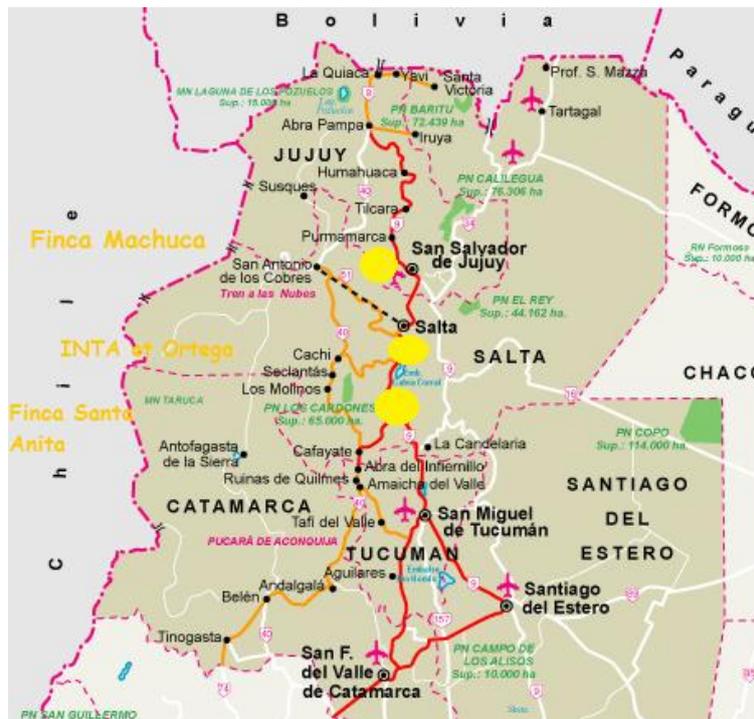
Les expérimentations ont débuté en avril 2011 et ont été restreintes à deux provinces appartenant à la région NOA : les provinces de Salta et Jujuy. Elles ont été réalisées au sein de 3 exploitations localisées dans la province de Salta, et 1 localisée dans la province de Jujuy. Tous les élevages sont caractérisés par un mode d'élevage de type semi-extensif. Sur les 4 exploitations, 3 sont gérées par des éleveurs volontaires pour mener à bien l'étude, la dernière étant une exploitation expérimentale appartenant à l'INTA Salta.

2. Présentation des exploitations participant à l'étude

En préambule, il est important de préciser que le choix des différentes stations s'est appuyé en priorité sur l'accord et les disponibilités de l'éleveur concernant les différents prélèvements réalisés ainsi que le suivi.



Carte n°2 : Localisation géographique du NOA sur le territoire argentin (www.skyscraperlife.com)



Carte n°3 : Localisation géographique des 4 élevages (INTA, Ortega, Finca Santa Anita et Finca Machuca), situés dans le NOA (www.blog.guiaruralargentina.com)

2.1. Station expérimentale de l'INTA Salta : essai n°1

2.1.1. Localisation et caractéristiques climatiques

Province	Salta
Localité / Département	Valle de Lerma (partie centrale)
Moyenne des précipitations annuelles	800 mm/an
Température moyenne annuelle	17°C (min = - 6°C ; max = 36°C)
Humidité	20 à 80%
Altitude	1187 m

Tableau n°5 : Localisation et caractéristiques climatiques de l'INTA Salta

2.1.2. Caractéristiques de l'élevage

L'INTA Salta a la particularité de posséder un élevage caprin expérimental, caractérisé par un système de traite mécanique (pratique de la monotraite). Le troupeau est constitué en majorité d'animaux de race Saanen.

L'alimentation du troupeau dépend du groupe d'animaux considérés, sachant qu'une partie participe à des études portant sur l'alimentation (pâturage vs silo).

La salle de traite est constituée d'une allée de 9 postes (cornadis); le lait collecté est congelé avant d'être livré à une laiterie.

Le groupe d'animaux participant à notre étude possède une composition relativement constante d'une session de prélèvement à une autre, il est constitué de chèvres en lactation (n=39) et d'un lot de chèvres au pâturage (n=24).

Les prélèvements de sang et de matières fécales, ainsi que l'évaluation clinique de la couleur de la muqueuse oculaire, se sont déroulés d'avril à décembre 2011, répartis en 5 visites, et ont concerné à chaque fois environ 60 animaux.



Photo n°5 : Lot de chèvres en lactation de l'INTA EEA Salta

2.2. Elevage Finca Santa Anita : essai n°2

2.2.1. Localisation et caractéristiques climatiques

Province	Salta
Localité / Département	Coronel Moldes, à 50 km au sud de Salta
Moyenne des précipitations annuelles	700 mm/an
Température moyenne annuelle	17°C (min = - 6°C ; max = 36°C)
Humidité	20 à 80%
Altitude	1220 m

Tableau n°6 : Localisation et caractéristiques climatiques de la Finca Santa Anita

2.2.2. Caractéristiques de l'élevage

La race prédominante est la race Saanen, la traite est réalisée manuellement une fois par jour dans un couloir aménagé prévu à cet effet.

Quatre visites ont été réalisées entre avril et novembre 2011, les prélèvements et les examens cliniques ont concerné un groupe constant de 40 à 50 animaux.



Photo n°6 : Retour du pâturage des chèvres en lactation de la Finca Santa Anita (province de Salta)

2.3. Elevage Ortega : essai n°3

2.3.1. Localisation et caractéristiques climatiques

Province	Salta
Localité / Département	Valle de Lerma (partie centrale), à 10 km de l'INTA
Moyenne des précipitations annuelles	700 mm/an
Température moyenne annuelle	17°C (min = - 6°C ; max = 36°C)
Humidité	20 à 80%
Altitude	1217 m

Tableau n°7 : Localisation et caractéristiques climatiques d'Ortega

2.3.2. Caractéristiques de l'élevage

La pratique de traite est caractérisée par une seule traite quotidienne, réalisée manuellement directement dans l'enclos, aucune salle de traite ni aucun espace spécialement dédié à la traite n'ayant été aménagé.

Le troupeau est constitué d'animaux de race Anglo Nubian majoritairement.

Les visites, réalisées au nombre de 4 sur 30 à 40 animaux, se sont déroulées d'avril à juillet 2011, les groupes d'animaux prélevés étant relativement constants.



Photo n°7 : Lot de chèvres en lactation (race Anglo Nubian) de l'élevage de Mr Ortega (province de Salta)

2.4. Elevage Finca Machuca : essai n°4

2.4.1. Localisation et caractéristiques climatiques

Province	Jujuy
Localité / Département	Monterico, à 80 km au nord de Salta
Moyenne des précipitations annuelles	800 mm/an
Température moyenne annuelle	min = 0°C ; max = 20°C
Humidité	20 à 80%
Altitude	935 m

Tableau n°8 : Localisation et caractéristiques climatiques de la Finca Machuca

2.4.2. Caractéristiques de l'élevage

La traite, réalisée une fois par jour, est mécanique.

Pour des raisons d'organisation pratique, seules trois sessions de prélèvements ont été réalisées de juillet à décembre 2011, sur une trentaine d'animaux de race Saanen (chèvres en lactation principalement et chevrettes de renouvellement).



Photo n°8 : Lot des chèvres en lactation de la Finca Machuca (province de Jujuy)

3. Matériel et méthodes

3.1. Echantillonnage des individus

Dans chaque exploitation, les prélèvements ainsi que les évaluations cliniques réalisées concernent des lots de 30 à 50 caprins selon la taille du troupeau, ces lots étant constitués dans la mesure du possible par les mêmes individus d'une session de prélèvements à l'autre, afin de faciliter le suivi individuel du statut parasitaire de chaque animal.

Les individus prélevés sont représentés en majorité par des femelles en lactation d'âges et de races variables, la race Saanen étant cependant prédominante.

D'autre part, une très faible proportion de mâles ainsi que de chevrettes de renouvellement rentre dans le cadre de notre étude.

Pour chaque individu ont été reportées les informations suivantes : le sexe, la race, la catégorie et le stade de lactation pour les femelles, le numéro d'identification apparaissant sur la boucle auriculaire, ainsi que les éventuels commémoratifs concernant l'historique des traitements antiparasitaires et des pathologies antérieures. La couleur de la boucle auriculaire

ainsi que le nombre et l'état d'usure des dents sont également des informations qui ont été prises en compte afin d'éviter toute confusion entre les animaux, l'identification des chèvres étant non obligatoire en Argentine et en conséquence très aléatoire (plusieurs chèvres avec le même numéro, chèvres sans boucles auriculaires ou avec un numéro illisible).

numero muestra	numero Caravana	color Calva	color Caravana	observaciones	dientes	FAMACHA		sangre	Ht	Hpg	bosta
						mucoza	mucoza				
37	41	Togg.		preñado	6D	3	2		x	30	x
38	558	T.		"	BL.	3	3		x	22	x
39	20	T.		"	6D	3	3		x	25	x
40	69 *	BL.		"	2D	4	3		x	19	-
41	58	T.		"	6D	3	3		x	25	x
42		Boer		"	6D	3	2		x	24	x
43	475	Togg.		"	BL	2	2		x	23	x
44	354	BL.		"	4D	2	2		x	30	x
45	476			"	BL	3	3		x	25	x
46	0904	BL		"	4D.	3	3		x	22	x
47	030 *	BL.		Vacia.	2D.	4	3		x	22	x
48	155			pen.	6D.	3	2		x	27	-
49	218	BL.		"	6D	4	3		x	23	x

Photo n°9 : Collecte des données individuelles de chaque animal prélevé (de gauche à droite : n°échantillon ; n°boucle ; robe et/ou race de l'animal ; couleur de la boucle auriculaire ; observations particulières ; dentition ; note FAMACHA de la muqueuse oculaire ; prélèvement ou non de sang ; résultats d'hématocrite ; résultats OPG ; prélèvement ou non de matières fécales)

3.2. Examen clinique et nature des prélèvements

Pour chaque individu participant à l'étude, ont été réalisés :

- Une évaluation clinique portant sur la couleur de la muqueuse oculaire, réalisée par les deux mêmes opérateurs sur chaque animal et dans chaque exploitation, afin de garantir au mieux l'aspect reproductible de la notation qui en résulte ; cette notation étant représentée comme expliqué dans la seconde partie par une note de 1 à 5 selon une échelle de gradation de couleurs (du rouge foncé au blanchâtre) ;



Photo n°10 : Application pratique de la méthode FAMACHA : écartement de la paupière inférieure et évaluation de la couleur de la muqueuse oculaire à l'aide de la grille de nuances

- Un prélèvement d'une vingtaine de grammes de matière fécale par voie transrectale. Les échantillons sont placés dans un sachet en plastique individuel et identifiés avec le numéro figurant sur la boucle auriculaire de l'animal. Ils sont conservés au réfrigérateur pendant 24h au maximum, avant d'être analysés ;



Photo n°11 : Prélèvement de matières fécales (Finca Santa Anita)

- Une prise de sang réalisée au niveau de la veine jugulaire, l'échantillon étant conservé dans un tube hépariné placé au réfrigérateur le temps d'être analysé (quelques heures au maximum).



Photo n°12 : Prélèvement de sang transféré sur tube EDTA au niveau de la veine jugulaire (Finca Santa Anita)

Lors de la première visite au sein d'un élevage et pour une faible proportion d'individus (environ 10 sur 30 à 50 animaux), du sang a également été recueilli dans un tube non hépariné afin d'en extraire le sérum. Par la suite ont été réalisées des analyses métaboliques (dosage des minéraux et oligo-éléments), ainsi qu'un dépistage de Brucellose.

Les visites au sein des exploitations sont réalisées à intervalles plus ou moins réguliers, en fonction des disponibilités des éleveurs et des résultats coproscopiques.

2011	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
INTA Salta (n=314)	19.04 (n=51)	26.05 (n=75)		13.07 (n=63)		08.09 (n=63)		07.11 (n=62)	
Finca Santa Anita (n=235)	26.04 (n=41)		22.06 (n=41)		30.08 (n=51)			23.11 (n=48)	21.12 (n=54)
Ortega (n=143)	01.04 (n=37) et 29.04 (n=37)	31.05 (n=40)		14.07 (n=29)					
Finca Machuca (n=82)				20.07 (n=37)				22.11 (n=45)	

Prélèvement avec résultats coprocultures et opg	Prélèvement avec seulement résultats opg	Prélèvement avec seulement résultats coprocultures	Prélèvement sans résultats interprétables
---	--	--	---

Tableau n° 9: Récapitulatif du calendrier, des effectifs prélevés et détail des résultats obtenus pour chacun des quatre élevages

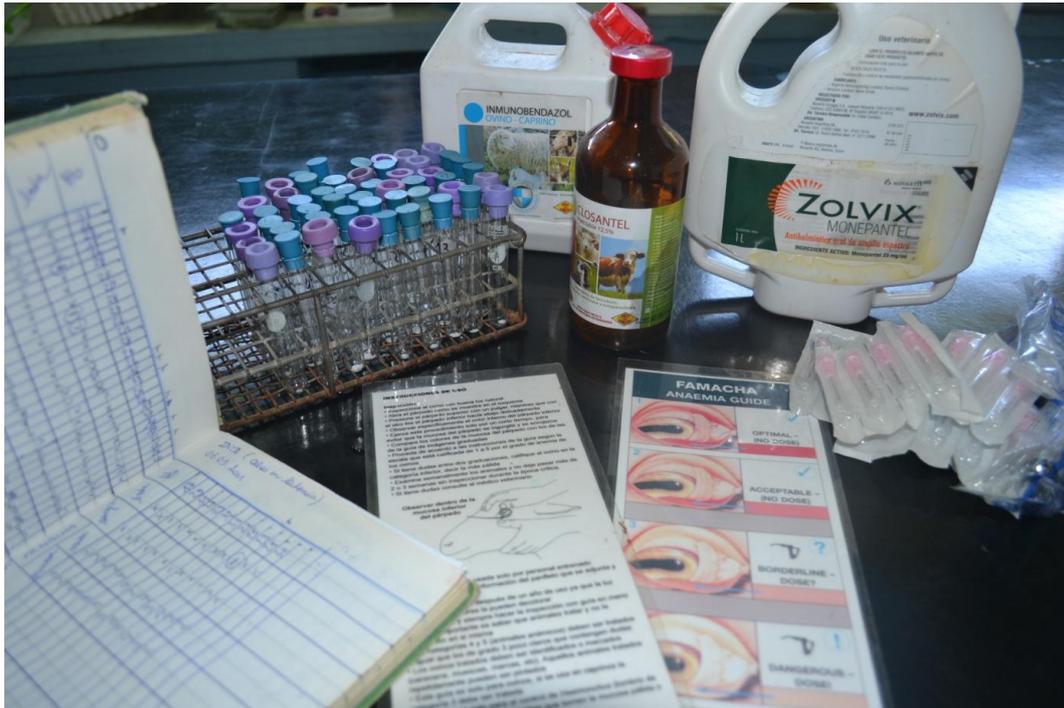


Photo n°13 : Matériel nécessaire à l'expérimentation (cahier pour le recueil des informations, tubes EDTA, grille de nuancier, aiguilles et seringues, traitement à base de monepantel, closantel ou immunobendazole)

3.3. Protocole de déparasitage

L'objectif premier de l'administration de traitement anthelminthique a été de réaliser un état des lieux des résistances potentiellement présentes dans chacun des quatre élevages considérés pour notre étude.

Lors de la première visite au sein d'un élevage, un traitement antiparasitaire a été administré suite à l'examen clinique, pour chaque animal ayant obtenu une note FAMACHA de 4 ou 5.

Lors de la seconde visite dans un même élevage, ce même traitement antiparasitaire a été automatiquement administré aux animaux n'en ayant pas bénéficié lors de la première visite (c'est-à-dire ceux ayant obtenu une note FAMACHA de 3 ou moins) mais ayant obtenu une note de 4 ou 5 lors de la seconde évaluation, ou des résultats d'opg élevés (plus de 3000 opg/g). Enfin, les animaux caractérisés par un état corporel insuffisant et/ou un état d'abattement prononcé ont également été traités, quel que soit la note FAMACHA obtenue.

Le protocole de déparasitage a été le suivant : il a été administré aux animaux possédant les caractéristiques exposées précédemment du Zolvix® (laboratoire NOVARTIS), dont le principe actif est le Monepantel. Il s'agit d'une nouvelle génération d'anthelminthique, appartenant à la famille des dérivés d'aminoacétonitrile (AAD), efficace contre les nématodes gastro-intestinaux et particulièrement ciblé sur *Haemonchus contortus*. Du fait de sa récente mise sur le marché, le monepantel n'a pas encore suscité l'apparition de résistance sur le terrain.

L'administration du produit a été réalisée par voie orale à l'aide d'une seringue graduée, à une posologie 1,5 fois plus élevée que celle préconisée par le fabricant (posologie « ovine ») sur les recommandations de Victor Suarez, afin de prendre en compte les particularités du métabolisme caprin. Les animaux traités ont été identifiés à l'aide d'un marqueur, et enregistrés dans le carnet d'élevage de l'éleveur. La dose de produit à administrer a été évaluée en tenant compte de l'estimation du poids vif de chaque animal.

Il est à noter que ce protocole de déparasitage a été ensuite adapté à chaque élevage, en tenant compte des résultats de coprocultures réalisées à partir des prélèvements de matières fécales, ainsi que des tests de réduction de l'excrétion des œufs après traitement (évaluation des éventuelles résistances à telle ou telle molécule).

Par exemple, au sein de l'élevage n°2, les animaux à traiter ont été séparés en deux lots : le premier lot a été traité avec du monepantel selon le protocole décrit précédemment, alors que le second lot a été traité avec de l'Immunobendazole® (Laboratoires IMMUNO VET), dont le principe actif est l'albenzole, à une posologie 1,5 fois plus élevée que celle recommandée par le fabricant. Les matières fécales de chaque individu ont été prélevées lors de la visite suivante afin de réaliser une coproscopie et de comparer l'efficacité des deux traitements, et d'éventuellement mettre en évidence un phénomène de résistance à l'albendazole et de confirmer ou d'infirmer l'efficacité du monepantel.

3.4. Analyses de laboratoire

3.4.1. *Hématocrite*

Chaque échantillon sanguin collecté sur tube hépariné est placé dans un capillaire non hépariné avant d'être centrifugé pendant 10 mn à vitesse maximale (7500 tours par minute). Les capillaires sont ensuite placés dans une grille de lecture afin de mesurer la valeur de l'hématocrite.



Photo n°14 : Matériel utilisé pour la lecture de l'hématocrite (tubes capillaires et grille de lecture)



Photo n°15 : Centrifugeuse (7500 tours/minute)

3.4.2. Diagnostic copro-parasitologique (méthode MacMaster modifiée de Robert – O'Sullivan, 1949)

Avant d'expliciter le protocole mis en œuvre en vue d'établir un diagnostic copro-parasitologique individuel, il convient de rappeler l'importance d'un examen macroscopique

préalable des matières fécales, ciblé sur la consistance, la couleur, l'odeur ou encore la présence éventuelle d'éléments étrangers dans les fèces prélevées. Il faut garder également à l'esprit qu'une consistance anormalement liquide peut certes être la conséquence d'un parasitisme gastro-intestinal, mais aussi d'un problème alimentaire (changement brusque d'alimentation, ingestion d'aliments inappropriés...).

La technique mise au point par Robert et O'Sullivan utilise comme outil principal une lame modifiée de Mac Master. Cette lame, d'une capacité totale de 2 mL, est divisée en quatre cellules d'une capacité de 0,5 mL chacune, quadrillées de façon à faciliter le dénombrement des œufs. Il s'agit donc d'une méthode quantitative.

Le protocole est le suivant : 3g de fèces sont pesés et mélangés à 60 mL de solution saturée en chlorure de sodium dans un mortier jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène. La solution saline permet la flottaison des œufs de nématodes à la surface du liquide (Suarez 1997). La solution obtenue est filtrée au travers d'une passoire à thé (maillage de 700 µm), puis homogénéisée de nouveau à l'aide d'un agitateur magnétique, afin de garantir une distribution homogène des œufs. Une partie de la solution est alors prélevée à l'aide d'une pipette et déposée afin de remplir une cellule de la lame Mac Master préalablement humidifiée afin d'éviter dans la mesure du possible la formation de bulles d'air. Pour les petits ruminants, seulement deux cellules sur les quatre sont remplies par animal, une lame permet donc un diagnostic copro-parasitologique de 2 animaux.

Le dénombrement des œufs est réalisé au microscope au grossissement le plus faible. La relation fèces – solution saline est de 1 : 20, et la lame de Mac Master modifiée permet d'analyser 0,05g de fèces (0,5 mL X 2 cellules = 1 mL). Le total des œufs comptabilisés sur la lame doit donc être multiplié par un facteur 20 pour obtenir un résultat exprimé en opg (œufs par gramme de fèces).



Photo n°16 : Notre technicien Emilio Viñabal, en pleine lecture d'une lame Mac Master

Un facteur de correction supplémentaire peut être appliqué dans le cas d'une consistance anormalement liquide des matières fécales. L'application ou non de cette correction est laissée à l'appréciation de l'opérateur, ce dernier pouvant appliquer un facteur 40 ou 50 dans le cas d'un animal souffrant de diarrhée sévère.

La solution saline saturée est obtenue en mélangeant 331g de NaCl dans un litre d'eau courante. Le mélange est chauffé afin de faciliter la dissolution du sel, sans atteindre l'ébullition.

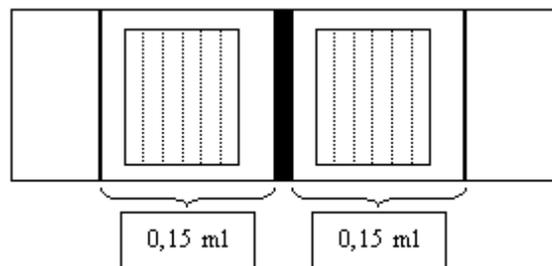


Figure n°9 : Schéma d'une lame modifiée de Mac Master (www.vet-lyon.fr)

3.4.3. Coprocultures (technique Corticelli-Lai)

Cette méthode a été mise au point afin de faciliter l'identification du genre et de l'espèce de nématode. En effet, le diagnostic différentiel basé sur la reconnaissance des œufs présente de nombreuses difficultés du fait de la similarité de la forme et de la taille des œufs. Au contraire, les larves infestantes de stade 3 présentent des caractéristiques morphologiques spécifiques du genre, facilitant ainsi leur identification.

L'objectif de la coproculture est l'obtention de larves de stade 3 de nématodes gastro-intestinaux à partir d'œufs rejetés dans les matières fécales. Cette technique nécessite des conditions optimales de température, d'humidité et d'oxygénation afin de permettre l'éclosion des œufs et le développement postérieur des larves.

Le protocole est le suivant : 10g de fèces sont placés dans un mortier, mélangés à des matières fécales stériles, et à un peu d'eau pour humidifier le mélange. Le mélange ainsi obtenu est placé de sorte à tapisser le fond d'une boîte de Petri jusqu'à 0,5 cm du bord supérieur. La boîte de Petri est ensuite placée dans une autre boîte de Petri plus grande, à laquelle on ajoute de l'eau. L'ensemble est recouvert par un couvercle et placé à l'étuve pendant 7 jours à une température de 22 à 27°C. Chaque jour, la culture est oxygénée pendant 1 heure (retrait du couvercle). Au 8^{ème} jour, la petite boîte de Petri est retournée, et le liquide contenu dans la grande boîte de Petri est collecté au bout de 3 à 4h avant d'être transvasé dans un tube à essai. Le liquide obtenu sédimente ainsi pendant 1h à température ambiante, avant de retirer le surnageant à l'aide d'une pipette. Enfin, une goutte de sédiment est prélevée et placée sur une lame porte-objet avec une goutte de lugol, avant d'être observée au microscope entre lame et lamelle.

Le résultat est exprimé en pourcentage.

En règle générale, plusieurs coprocultures ont été réalisées pour une même session de prélèvement (mélange de fèces provenant d'une dizaine d'animaux différents pour chaque coproculture), une moyenne a été calculée à partir du dénombrement issu de chaque coproculture.

3.4.4. Récupération des œufs de *Fasciola hepatica* (technique de sédimentation - flottaison modifiée)

Là encore, il s'agit d'une méthode quantitative. La place qu'elle occupe dans notre protocole de « matériel et méthodes » est justifiée du fait de la place de la Fasciolose au sein du diagnostic différentiel d'anémie chez les petits ruminants, énoncé dans la première partie.

Le protocole est le suivant : 5g de matières fécales sont pesés et placés dans un mortier avec 50 mL d'eau courante. Après mélange, le liquide obtenu est filtré à la passoire à thé (maillage de 700 µm) puis versé dans un tube à essai. Le mélange sédimente pendant 15 mn, puis le surnageant est retiré jusqu'à laisser 2 à 3 mL de sédiment. Le tube à essai est de nouveau rempli d'eau et agité, avant de reposer de nouveau 15 mn. Les ¾ du surnageant sont éliminés,

on ajoute 3 à 4 gouttes de teinture d'iode avant d'homogénéiser. Le mélange ainsi obtenu est placé dans une boîte de Petri et examiné au microscope.

Le résultat obtenu après dénombrement donne le nombre d'œufs dans 5g de fèces.

3.5. Gestion des différents résultats d'analyse

3.5.1. Résultats d'analyse d'intérêt pour l'étude

Les prélèvements d'intérêt pour notre étude, à savoir ceux dont les analyses ont été retenues pour la validation de la méthode FAMACHA à la région NOA dans les élevages caprins laitiers, sont les suivants :

- prélèvement de matières fécales par voie transrectale, dont l'analyse aboutit à une valeur d'intensité d'excrétion d'œufs, exprimée en opg ;
- prise de sang sur tube hépariné, dont l'analyse aboutit à une mesure de l'hématocrite ;
- attribution d'une note FAMACHA après évaluation clinique de la muqueuse oculaire, aboutissant à une note comprise entre 1 et 5.

3.5.2. Analyse statistique des résultats

- Résultats parasitologiques (opg) et hématocrites

Les données résultant des coprocultures ont été analysées très simplement en se basant sur le calcul de moyennes arithmétiques, des médianes et des écart-types, pour une date de prélèvement donnée et pour un élevage donné.

- Résultats concernant la validation de la méthode FAMACHA

Comme cela a été décrit précédemment, un des objectifs de notre étude est d'établir et de quantifier la corrélation qu'il existe entre la note FAMACHA, la valeur de l'hématocrite de l'animal et les résultats d'opg.

Concernant le choix de la valeur seuil d'hématocrite à partir de laquelle on peut parler d'anémie, il a été réalisé en se basant sur les valeurs de référence d'hématocrite chez l'espèce caprine retrouvées dans la bibliographie. L'ouvrage « Veterinary Hematology » (O. W. Schalm, N. C. Jain, E. J. Carroll) donne les valeurs usuelles d'hématocrite recueillies au cours de différentes études menées sur des chèvres adultes :

- $24,2 < \text{Ht} < 33,2$ (Holman and Dew, 1963, étude réalisée sur 50 chèvres adultes) ;
- $23,8 < \text{Ht} < 34$ (Wilkins and Hodges, 1962, étude réalisée sur 48 chèvres adultes).

D'autre part, cette même source considère que 19 est la valeur seuil d'hématocrite en dessous de laquelle on parle d'anémie (la valeur 19 étant comprise dans cet intervalle).

Or, dans le but de s'assurer une fenêtre la plus large possible, la diminution de l'hématocrite étant retardée par rapport au moment de l'infestation, il a été décidé de considérer 4 valeurs limites d'hématocrites : 19, 20, 21 et 22.

On définit le seuil de note FAMACHA en privilégiant la sensibilité par rapport à la spécificité. En effet, dans le cadre d'une application pratique, il est moins dommageable pour l'éleveur de traiter un animal qui en réalité n'était pas malade et n'avait pas besoin du traitement, que de laisser un animal réellement malade sans traitement antiparasitaire.

Ainsi, le seuil de note FAMACHA caractérisé par la plus haute valeur de sensibilité sera retenu pour définir la « positivité » du test. Ce seuil a été déterminé à partir des données globales provenant de l'ensemble des sessions de prélèvement, tout élevage confondu.

Concernant l'analyse statistique, les trois variables considérées sont de natures différentes et ne suivent pas un modèle de distribution normale :

- type ordinal, avec de nombreuses valeurs ex-aequo (note FAMACHA) ;
- type semi-continu (opg) ;
- type continu (hématocrite).

En conséquence, nous avons utilisé un type de corrélation permettant de s'affranchir d'un certain nombre de pré-requis : le coefficient de Pearson.

3.5.3. Autres résultats d'analyse

La recherche de *Fasciola hepatica*, ainsi que l'identification des nématodes prédominants sur les coprocultures, ont non seulement permis de recueillir des informations utiles à l'étude de la prévalence de *Fasciola hepatica*, d'*Haemonchus contortus* en encore de *Trichostrongylus colubriformis* ; mais ont surtout également permis d'évaluer l'éventuel biais causé par *Fasciola hepatica*, parasite responsable d'anémie au même titre qu'*Haemonchus contortus*.

Les résultats positifs concernant *Fasciola hepatica* ont permis la mise en place par le vétérinaire d'un traitement antiparasitaire adapté.

De plus, l'étude de l'efficacité comparative du monepantel et de l'albendazole réalisée au cours de l'essai n°2 a permis de faire le point sur l'émergence d'une résistance déjà fortement soupçonnée.

Enfin, les résultats de dosages du cuivre et du zinc (minéraux en lien avec l'évaluation du degré d'anémie car participant respectivement à la synthèse de l'hème des réticulocytes et au processus de fabrication des globules rouges), ainsi que ceux relatifs au calcium et au magnésium, fournis par le Laboratoire de Santé Animale de l'INTA San Luis, ont permis de faire un premier bilan nutritionnel du troupeau, et de mettre en évidence d'éventuelles carences en oligo-éléments.

4. Résultats d'intérêt pour l'étude

Les résultats obtenus ont été analysés statistiquement en termes de sensibilité, de spécificité, de valeurs prédictives positive et négative.

4.1. Résultats individuels

4.1.1. Résultats parasitologiques

La prévalence d'*Haemonchus contortus*, en comparaison avec d'autres nématodes gastro-intestinaux tels que *Trichostrongylus colubriformis* ou *Teladorsagia circumcincta*, a été déduite des coprocultures réalisées sur des mélanges de matières fécales au cours de chaque session de prélèvements.

4.1.1.1. Station expérimentale de l'INTA (essai 1)

- Coprocultures

Le graphique ci-dessus montre les proportions relatives d'*Haemonchus contortus* et de *Trichostrongylus colubriformis* au cours de 4 sessions de prélèvements.

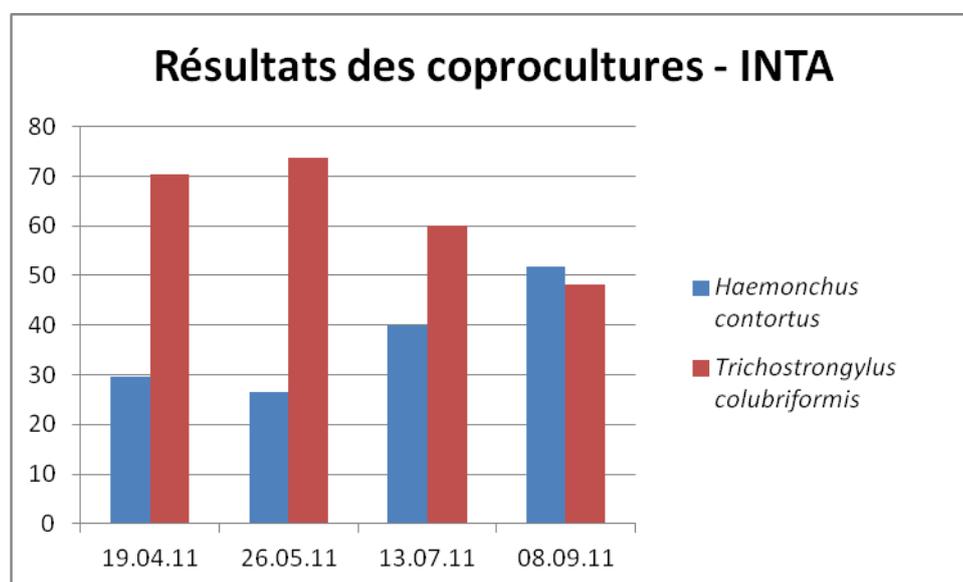


Figure n°10 : Graphique représentant les pourcentages relatifs d'*Haemonchus contortus* et de *Trichostrongylus colubriformis* après lecture des coprocultures de l'INTA Salta, lors des quatre visites réalisées

Compte-tenu de la différence de prolificité entre les deux espèces, le fait de trouver plus de larves de *Trichostrongylus colubriformis* que de larves d'*Haemonchus contortus* indique une prédominance de l'espèce *Trichostrongylus colubriformis*.

- Résultats d'opg (moyenne de chaque prélèvement portant sur les animaux non traités) au cours du temps

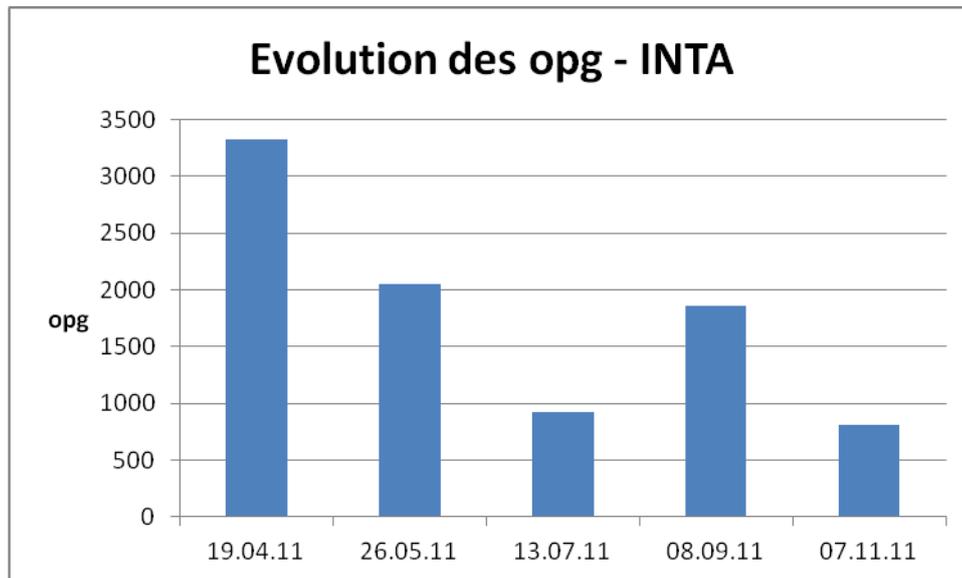


Figure n°11 : Evolution de l'intensité de l'excrétion des œufs en fonction des dates de prélèvement à l'INTA Salta

On constate tout d'abord qu'au commencement de l'étude, la moyenne des opg au sein du troupeau testé était élevée, aucun traitement n'ayant été mis en place antérieurement. Puis on remarque qu'au fil de l'étude, et donc au fil des traitements réalisés à base de monepantel, la moyenne diminue progressivement. On en déduit une baisse de la pression d'infection grâce à la mise en place de l'effet refuge.

- Répartition des notes FAMACHA

Il est important de souligner que seulement 5 évaluations sur 314 réalisées ont conduit à une note FAMACHA de 5, et une unique évaluation a conduit à la note de 1, ce qui implique une certaine réserve quant à l'interprétation des résultats imputés à ces deux catégories, que ce soit en termes d'opg ou d'hématocrite.

La grande majorité des évaluations a conduit à l'attribution d'une note FAMACHA de 3 (65%), puis de 4 (21,6%) et enfin de 2 (11,4%).

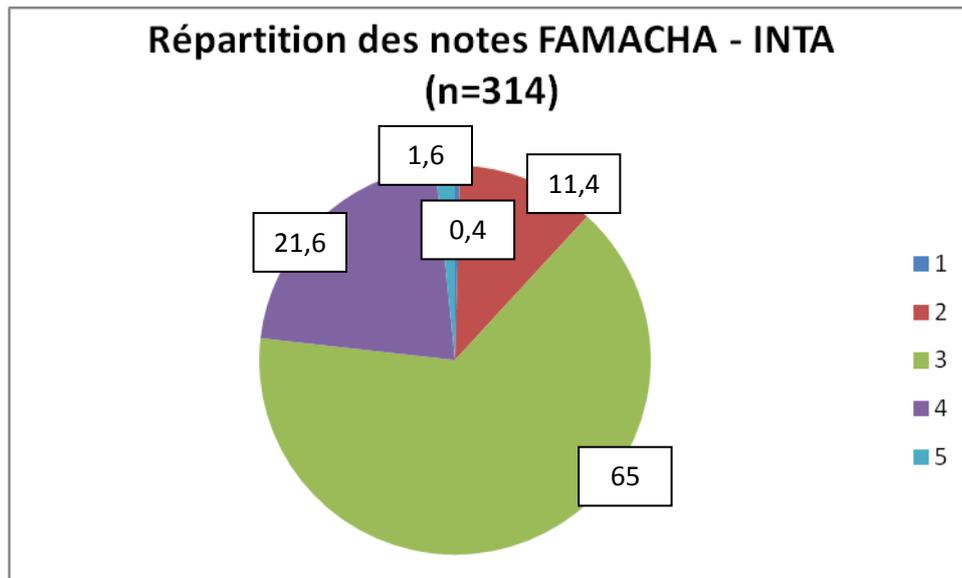


Figure n°12 : Diagramme de répartition des pourcentages des notes FAMACHA attribuées au cours des différents prélèvements à l'INTA Salta

- Résultats d'intensité d'excrétion d'œufs et note FAMACHA associée

note FAMACHA	n (total = 314)	moyenne opg	médiane opg	[min – max]	écart-type opg
1	1	620	620	[620 – 620]	
2	36	730	330	[0 – 3620]	854
3	204	1613	960	[0 – 9520]	1821
4	68	2478	1160	[0 – 18660]	3459
5	5	4123	420	[0 – 14560]	5660

Tableau n° 10: Résultats d'intensité d'excrétion d'œufs et note FAMACHA associée (INTA Salta)

Comme cela était attendu, on constate que la moyenne des opg augmente avec la note FAMACHA.

Cependant, quelque soit la note FAMACHA considérée, l'écart-type est élevé, ce qui signifie que la dispersion est importante, avec des valeurs très éloignées de la moyenne.

De même, la médiane est très éloignée de la moyenne.

- Résultats d'hématocrites corrélés à la note FAMACHA

note FAMACHA	n (total = 314)	valeur Ht attendue	valeur Ht observée (moyenne)	médiane	[min – max]	écart type
1	1	Ht > 28	37	37	[37 – 37]	
2	36	$23 \leq \text{Ht} \leq 27$	28,5	29	[11 – 37]	3,2
3	204	$18 \leq \text{Ht} \leq 22$	25,1	25	[15 – 34]	3,4
4	68	$13 \leq \text{Ht} \leq 17$	22,2	22	[10 – 34]	5,1
5	5	Ht < 12	14,4	9	[8 – 24]	7,9

Tableau n° 11: Résultats d'hématocrites et note FAMACHA (INTA Salta)

Les valeurs attendues d'hématocrite sont tirées des travaux de Schoenian (2005).

On constate que quelque soit la note FAMACHA attribuée, la moyenne d'hématocrite obtenue est nettement supérieure à la limite supérieure des intervalles élaborés par Shoenian en 2005 (particulièrement vrai pour les notes 3, 4 et 5).

D'autre part, lorsqu'on compare le rapport moyenne/écart-type des valeurs d'opg et d'hématocrite, on constate que l'écart-type relatif à l'hématocrite est proportionnellement beaucoup plus faible que celui relatif à l'opg.

De même, la médiane est proche de la moyenne pour toutes les notes considérées sauf la note de 5.

- Recherche d'œufs de *Fasciola hepatica*

Toutes les recherches réalisées à chaque session de prélèvement se sont révélées négatives.

- Résistance aux anthelminthiques

Une résistance multiple à l'albendazole, au lévamisole et à l'ivermectine, a été mise en évidence lors d'études précédentes réalisées au sein de l'INTA Salta.

Le tableau ci-dessous présente l'évaluation du pourcentage d'efficacité de l'ivermectine (AVM), du lévamisole (LVM), du benzimidazole (BZD), de la moxidectine (MXD) et du monepantel (MNP) à partir des résultats de coprocultures et de FECRT (Faecal Egg Count Reduction Test ou test de réduction de l'excrétion des œufs sur les matières fécales).

	AVM	LVM	BZD	MXD	MNP
FECRT	84	44,8	67,5	82,8	100
<i>Haemonchus contortus</i> (coproculture)	86	1	< 30	100	100
<i>Trichostrongylus colubriformis</i> (coproculture)	< 20	58,1	79	30	100

Tableau n° 12: Efficacité (en pourcentage) de différents anthelminthiques après un test de réduction de l'excrétion des œufs d'*Haemonchus contortus* et de *Trichostrongylus colubriformis* (Suarez, INTA, 2010)

- Résultats du dosage sérique en cuivre réalisé le 19.04.11 sur 20 chèvres, en mg/L

valeur moyenne	valeur minimale	valeur maximale	VU chez la chèvre (INTA San Luis)
0,47	0,24	0,72	0,5 - 1,5

Tableau n° 13: Résultats du dosage sérique en cuivre réalisé le 19.04.11 sur 20 chèvres (INTA Salta)

Lorsque l'on compare les valeurs mesurées aux valeurs usuelles rencontrées chez la chèvre, on constate qu'on se situe en deçà de la limite inférieure.

- Conclusion

La prédominance de *Trichostrongylus colubriformis* sur *Haemonchus contortus*, mise en évidence après étude des résultats des coprocultures, peut être expliquée par la résistance à l'ivermectine soulignée précédemment.

La présence avérée d'une telle résistance avec pour conséquence une prédominance de *Trichostrongylus colubriformis*, ajoutée au faible niveau en cuivre du troupeau et à l'absence de *Fasciola hepatica*, place cet élevage dans un contexte épidémiologique particulier. Cette distinction par rapport aux autres élevages étudiés sera à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats de validation de la méthode FAMACHA.

D'autre part, les valeurs de médiane et d'écart-type pour chaque note FAMACHA donnent une première idée du degré de corrélation note/opg, et note/hématocrite. Du fait d'un écart-type proportionnellement plus élevé et d'une médiane plus éloignée de la moyenne, il semble que l'hématocrite soit davantage corrélé à la note FAMACHA que l'opg.

4.1.1.2. Finca Santa Anita (essai 2)

- Coprocultures

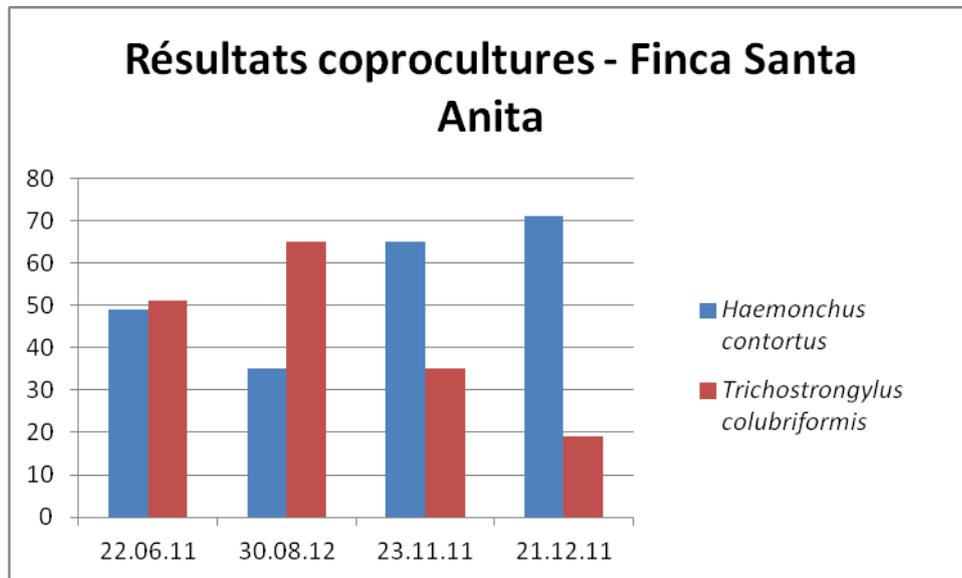


Figure n°13 : Graphique représentant les pourcentages relatifs d'*Haemonchus contortus* et de *Trichostrongylus colubriformis* après lecture des coprocultures de la Finca Santa Anita, lors des quatre visites réalisées

Le graphique ci-dessus suggère là encore une prévalence similaire entre les deux genres *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis* lors des deux premiers prélèvements, puis une prédominance d'*Haemonchus contortus* à partir de novembre 2011.

- Résultats d'excrétion d'œufs (moyenne des animaux non traités) au cours du temps

Les résultats exceptionnellement bas obtenus lors du premier prélèvement sont consécutifs à un traitement à l'ivermectine réalisé quelques semaines auparavant sur les chèvres en lactation par l'éleveur.

On constate ensuite qu'à partir de juin 2011, l'excrétion d'œufs de strongles reste modérée, avec cependant une tendance à la diminution au fur et à mesure des prélèvements probablement consécutive à l'application de traitement antiparasitaire sur les animaux les plus anémiés cliniquement.

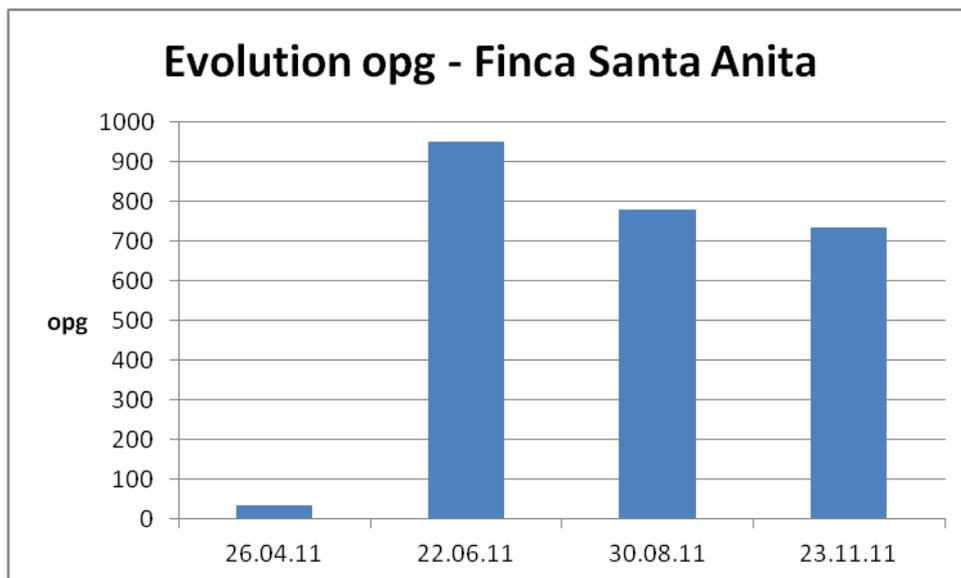


Figure n°14 : Evolution de l'intensité de l'excrétion des œufs en fonction des dates de prélèvement à la Finca Santa Anita

- Répartition des notes FAMACHA

L'observation réalisée pour l'essai n°1 est transposable à cet élevage concernant les notes extrêmes de 1 et 5.

Les notes de 3 et 4 sont majoritaires (respectivement 47,5 et 39,8%), suivent les notes de 2 (8,8%), de 5 (3,3%) et de 1 (0,6%).

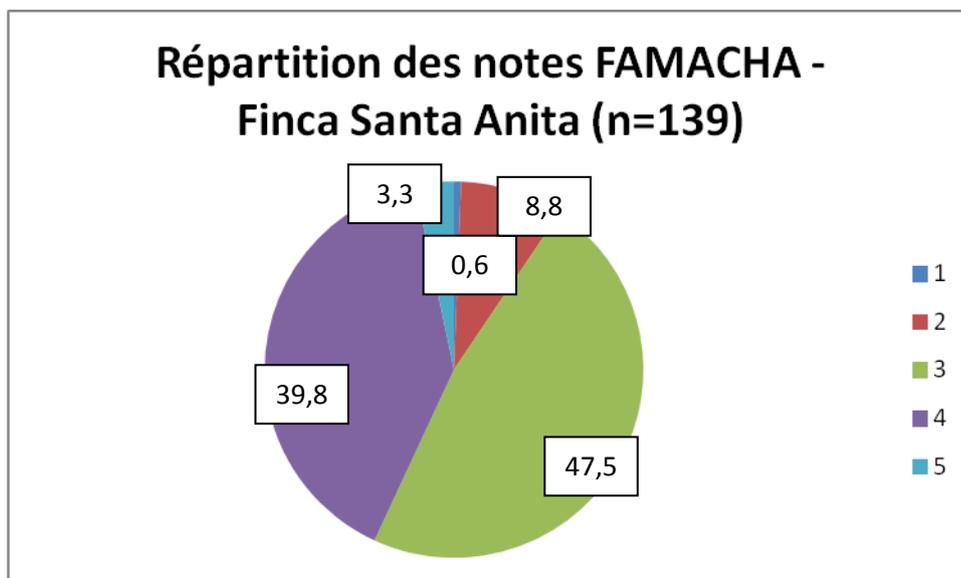


Figure n°15 : Diagramme de répartition des pourcentages des notes FAMACHA attribuées au cours des différents prélèvements à la Finca Santa Anita

- Résultats d'excrétion d'œufs et notes FAMACHA

note FAMACHA	n (total = 139)	moyenne opg	médiane opg	[min - max]	écart type opg
1	1	100	100	[100 - 100]	
2	16	680	520	[0 - 2140]	575
3	58	702	320	[0 - 4300]	883
4	58	950	550	[0 - 4680]	1210
5	6	1033	1370	[0 - 1560]	669

Tableau n° 14 : Résultats d'intensité d'excrétion d'œufs et note FAMACHA associée (Finca Santa Anita)

Là encore, on constate que globalement la moyenne d'opg augmente avec la note FAMACHA, même si cette tendance est toutefois moins nette que dans le cas de l'essai n°1.

D'autre part, la dispersion des valeurs autour de la moyenne est globalement du même ordre que pour l'élevage précédent.

- Résultats d'hématocrites corrélés aux notes FAMACHA

note FAMACHA	n (total = 139)	valeur Ht attendue	valeur Ht observée (moyenne)	médiane	[min - max]	écart type
1	1	Ht > 28	30	30	[30 - 30]	
2	16	$23 \leq \text{Ht} \leq 27$	30,5	30	[26 - 35]	2,2
3	58	$18 \leq \text{Ht} \leq 22$	26,8	27	[14 - 35]	3,9
4	58	$13 \leq \text{Ht} \leq 17$	24,5	25	[14 - 33]	4
5	6	Ht < 12	22,3	22	[19 - 27]	2,7

Tableau n° 15: Résultats d'hématocrites et note FAMACHA (Finca Santa Anita)

Pour toute note ≥ 2 , la moyenne des valeurs observées dépasse la limite supérieure de l'intervalle attendu.

D'autre part, l'étude du rapport hématocrite/écart-type montre que la dispersion des valeurs est moindre d'une part par comparaison avec les résultats d'opg, et d'autre part par comparaison avec les résultats d'hématocrites de l'INTA.

- Recherche d'œufs de *Fasciola hepatica*

La réalisation d'opg étant prioritaire pour notre étude, la recherche de *Fasciola hepatica* selon la méthode décrite précédemment n'a été réalisée que pour les animaux dont les matières fécales avaient été prélevées en quantité suffisante.

D'autre part, pour des raisons de praticité, la plupart des recherches de *Fasciola hepatica* a été effectuée sur un mélange de fèces (moins d'une dizaine d'animaux par mélange). Sauf indication contraire, les résultats concernent donc des « pools ».

L'analyse des échantillons issus de l'essai n°2 a mis en évidence une positivité, et ce au cours des quatre sessions de prélèvements (avril, juin, août et novembre 2011).

Dates des prélèvements	26.04.11		22.06.11		31.08.11		23.11.11	
Nombre d'animaux testés	28		40		51		18	
Résultats	23 +	5 -	17 +	23 -	51 +	0 -	16 +	2 -

Tableau n° 16 : Résultats de la recherche individuelle de *Fasciola hepatica* au cours des différentes sessions de prélèvements (Finca Santa Anita)

- Résistance aux anthelminthiques

Lors de la troisième session de prélèvements réalisée le 31.08.11, une certaine proportion des animaux évalués cliniquement pour l'étude FAMACHA a reçu un traitement antiparasitaire administré à l'aide d'une seringue graduée par voie orale. Ces animaux ont été répartis en deux groupes :

- Un groupe traité avec du monepantel (MNP), constitué de 30 animaux. Le choix des animaux à traiter a été basé sur la note FAMACHA obtenue, tout animal ayant une note supérieure ou égale à 3 devant être traité ;
- Un second groupe traité avec de l'albendazole (ABZ), constitué de 12 animaux. Dans ce cas, les animaux ont reçu le traitement quelque soit la note FAMACHA obtenue.

Sept jours après l'administration du traitement, le vétérinaire traitant a prélevé les matières fécales de chacun des animaux appartenant aux deux groupes, chaque prélèvement ayant été soigneusement identifié, et les a fait parvenir à l'INTA Salta en vue de la réalisation d'un FECRT.

Malheureusement, suite à des difficultés d'ordre technique, seuls quelques uns des échantillons ont été analysés. Les résultats du FECRT sont illustrés dans le tableau suivant.

Par ailleurs, l'éleveur ayant réalisé un traitement à base d'ivermectine (IVM) quelques semaines avant notre première visite, l'efficacité de cette molécule a également pu être évaluée par le biais d'un FECRT réalisé sur les matières fécales prélevées lors de cette première visite.

	MNP	ABZ	IVM
FECRT	100	± 50	100
<i>Haemonchus contortus</i> (coproculture)	100	< 20	100

Tableau n° 17: Résultats du test de réduction de l'excrétion des œufs et résultats de coprocultures, une semaine après traitement par différentes molécules anthelminthiques, en pourcentage d'efficacité (MNP = monepantel ; ABZ = albendazole ; IVM = ivermectine) (Finca Santa Anita)

Etant donné le faible nombre d'échantillons ayant été soumis au dénombrement parasitaire, il est difficile d'interpréter les résultats. Cependant, tous les échantillons provenant du groupe traité au monepantel se sont révélés négatifs, et tous ceux provenant du groupe traité à l'albendazole excrétaient des œufs. Ces résultats tendraient à confirmer d'une part l'émergence d'une résistance à l'albendazole dans l'élevage n°2, et d'autre part l'efficacité du traitement à base de monepantel.

Par ailleurs, ces résultats semblent écarter l'hypothèse d'une résistance à l'ivermectine.

D'autre part, suite à la mise en évidence de *Fasciola hepatica*, un traitement douvicide à base de closantel (closantel injectable 12,5%, du laboratoire ImmunoVet, posologie 1,5 fois supérieure à la posologie « ovine » recommandée) a été administré aux chèvres ayant été détectées positives au test réalisé sur mélange ou en individuel. L'analyse des matières fécales de ces chèvres, réalisée systématiquement à l'échelle individuelle lors de la session de prélèvements ayant suivi, a montré une efficacité de 100% sur la grande douve. L'éventualité d'une recontamination n'est cependant pas à exclure.

- Résultats du dosage sérique en cuivre réalisé le 26.04.11 sur 20 chèvres, en mg/L

valeur moyenne	valeur minimale	valeur maximale	VU chez la chèvre (INTA San Luis)
0,47	0,39	0,63	0,5–1,5

Tableau n° 18: Résultats de dosage sérique en cuivre (Finca Santa Anita)

L'interprétation concernant le niveau en cuivre du troupeau est la même que pour l'essai n°1, à savoir qu'il se trouve en dessous de la limite inférieure des valeurs usuelles chez la chèvre.

- Conclusion

La présence avérée de *Fasciola hepatica* au sein de cet élevage, ajouté au faible niveau en cuivre du troupeau, place ce dernier dans un contexte épidémiologique différent de l'essai précédent. Cette distinction par rapport aux trois autres élevages étudiés sera à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats de validation de la méthode FAMACHA.

D'autre part, tout comme pour l'essai précédent, il semble que la corrélation entre la note FAMACHA et l'hématocrite soit davantage pertinente que celle existant entre note FAMACHA et opg.

4.1.1.3. Ortega (essai 3)

- Coprocultures

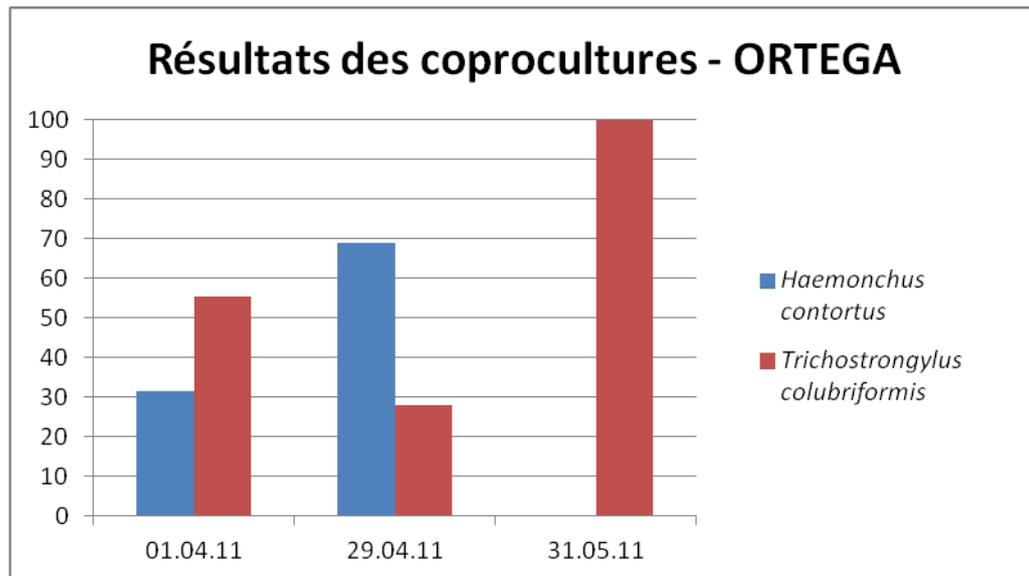


Figure n°16 : Graphique représentant les pourcentages relatifs d'*Haemonchus contortus* et de *Trichostrongylus colubriformis* après lecture des coprocultures d'Ortega, lors des trois visites réalisées

Contrairement aux résultats concernant les deux élevages précédents, les résultats concernant l'essai n°3 sont très variables en fonction de la date de prélèvement.

La présence exclusive de *Trichostrongylus colubriformis* au niveau des coprocultures réalisées le 31.05.11 s'explique par l'administration d'ivermectine le 18.05.11 par l'éleveur lui-même.

Dans le cas de cet élevage, le contexte épidémiologique s'avère donc difficile à déterminer, les résultats étant aléatoires d'une date à l'autre, le nombre de sessions de prélèvements étant réduit et enfin l'administration d'antiparasitaire ayant biaisé les résultats.

- Résultats d'excrétion d'œufs (moyenne des animaux non traités) au cours du temps

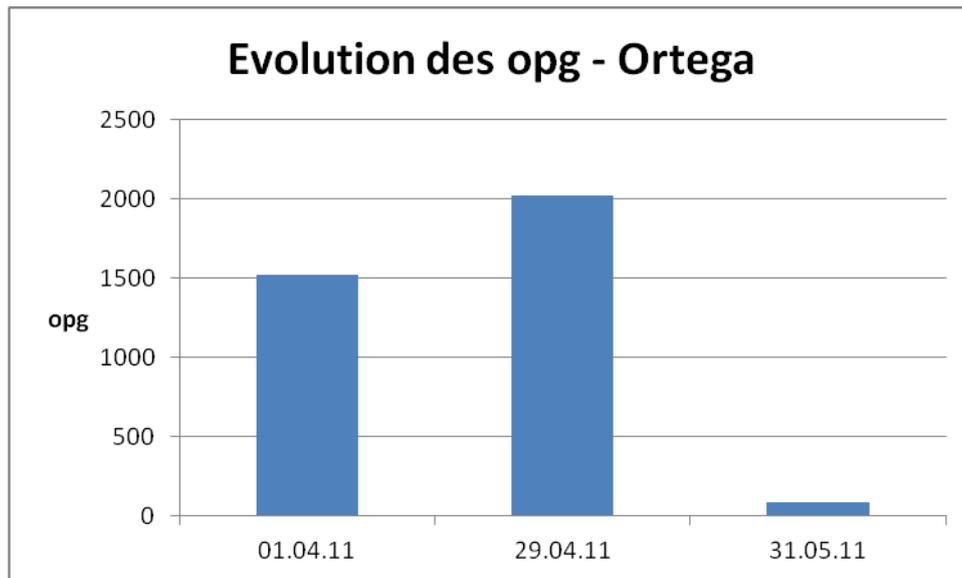


Figure n°17 : Evolution de l'intensité de l'excrétion des œufs en fonction des dates de prélèvement chez Ortega

Concernant les deux premiers prélèvements, on constate que la charge parasitaire est importante au sein de cet élevage. L'absence de diminution entre la 1^{ère} et la seconde session s'explique sans doute par l'absence de traitement sélectif au cours de l'évaluation, contrairement aux 3 autres élevages.

Comme expliqué précédemment, le niveau exceptionnellement bas de la charge parasitaire observé lors de la session de prélèvements du 31.05.11 est la conséquence de l'application antérieure d'ivermectine.

- Répartition des notes FAMACHA

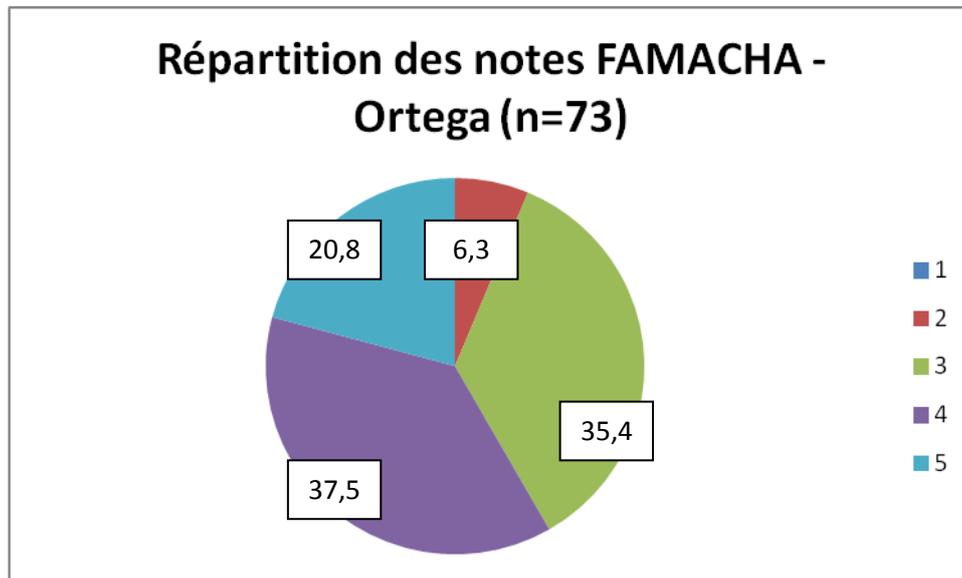


Figure n°18 : Diagramme de répartition des pourcentages des notes FAMACHA attribuées au cours des différents prélèvements chez Ortega (n'inclut pas les résultats du 31.05.11)

Cette fois, la répartition des notes 3, 4 et 5 est davantage homogène (respectivement 35,4, 37,5 et 20,8%). Vient ensuite la note de 2 (6,3%), aucune note de 1 n'ayant été attribuée.

Seules les données correspondant aux notes 3, 4 ou 5 sont donc susceptibles d'être interprétées.

- Résultats d'opg corrélés à la note FAMACHA

note FAMACHA	n (total = 73)	moyenne opg	médiane opg	[min – max]	écart type opg
1	0				
2	3	7	0	[0 – 20]	11
3	29	1490	1160	[140 – 7540]	1516
4	30	2030	1280	[0 – 7040]	1979
5	11	2318	2240	[160 – 7060]	1956

Tableau n° 19: Résultats d'intensité d'excrétion d'œufs et note FAMACHA associée (Ortega)

Comme cela était attendu, la moyenne d'opg augmente avec la note FAMACHA.

Là encore, l'écart-type élevé quelque soit la note FAMACHA suggère une dispersion importante des valeurs autour de la moyenne.

- Résultats d'hématocrites corrélés à la note FAMACHA

note FAMACHA	n (total = 73)	valeur Ht attendue	valeur Ht observée (moyenne)	médiane	[min – max]	écart type
1	0	Ht > 28				
2	3	23 ≤ Ht ≤ 27	36,2	37	[30 - 41]	4,3
3	29	18 ≤ Ht ≤ 22	29,2	29	[19 - 41]	4,8
4	30	13 ≤ Ht ≤ 17	24,8	25	[16 - 37]	3,8
5	11	Ht < 12	19,6	19,5	[9 - 30]	5,8

Tableau n° 20: Résultats d'hématocrites et note FAMACHA (Ortega)

On constate que pour toutes les notes FAMACHA ≥ 2, la moyenne d'hématocrite obtenue est nettement supérieure à la limite supérieure de l'intervalle attendu.

D'autre part, lorsqu'on compare le rapport moyenne/écart-type des valeurs d'opg et d'hématocrite, on constate que l'écart-type déduit à partir de l'hématocrite est proportionnellement beaucoup plus faible que celui déduit à partir de l'opg.

De même, la médiane est proche de la moyenne pour toutes les notes considérées.

- Recherche d'œufs de *Fasciola hepatica*

Toutes les recherches réalisées à chaque session de prélèvement se sont révélées négatives.

- Résistance aux anthelminthiques

Aucune résistance particulière n'a été mise en évidence.

- Résultats du dosage sérique en cuivre réalisé le 01.04.11 sur 22 chèvres, en mg/L

valeur moyenne	valeur minimale	valeur maximale	VU chez la chèvre (INTA San Luis)
0,59	0,36	0,81	0,5 - 1,5

Tableau n°21 : Résultats du dosage sérique en cuivre (Ortega)

Le dosage en cuivre du troupeau se trouve dans les valeurs usuelles.

- Conclusion

Un contexte épidémiologique difficile à établir pour les raisons exprimées précédemment, un niveau de cuivre sérique dans les valeurs usuelles, l'absence de résistance avérée aux anthelminthiques et l'absence de *Fasciola hepatica* sont autant de caractéristiques qui placent à nouveau l'essai n°3 dans un contexte différent des deux précédents.

Il semble cependant que les résultats en termes d'opg et d'hématocrite rejoignent les grandes lignes des conclusions des essais n°1 et 2, à savoir que la dispersion des données est moindre lorsque l'on considère l'hématocrite plutôt que l'opg.

4.1.1.4. Finca Machuca (essai 4)

- Coprocultures

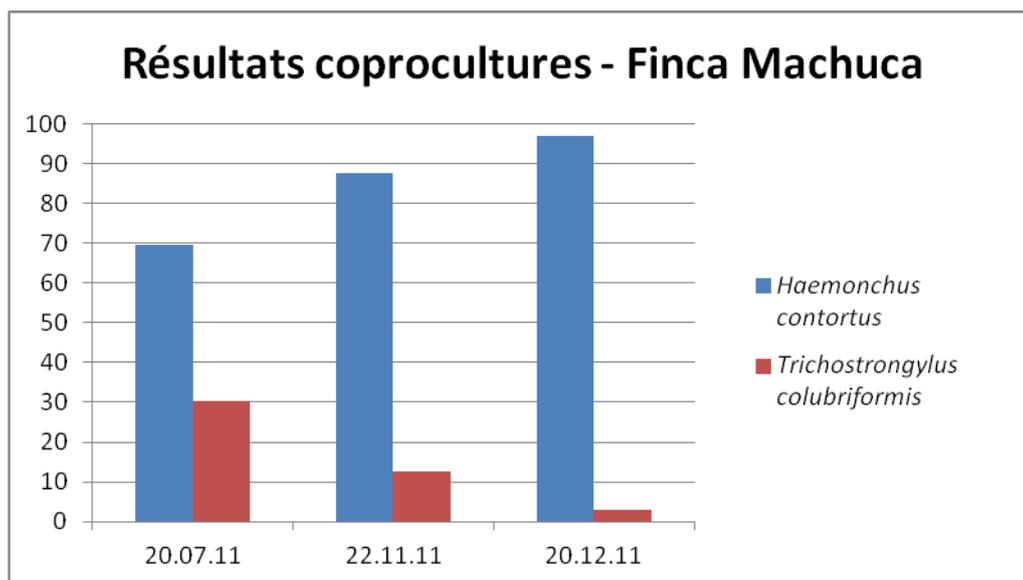


Figure n° 19: Graphique représentant les pourcentages relatifs d'*Haemonchus contortus* et de *Trichostrongylus colubriformis* après lecture des coprocultures de la Finca Machuca, lors des trois visites réalisées

Le graphique ci-dessus montre une nette prédominance d'*Haemonchus contortus* sur *Trichostrongylus colubriformis* lors des trois sessions de prélèvements, avec une tendance à l'augmentation concernant *Haemonchus contortus* au détriment de *Trichostrongylus colubriformis*.

- Résultats d'excrétion des œufs (moyenne des animaux non traités) au cours du temps

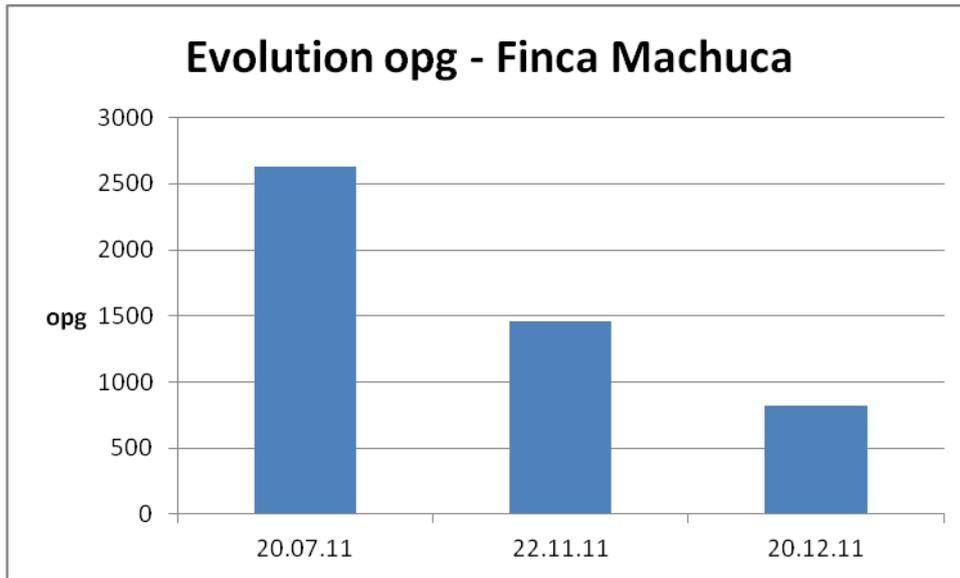


Figure n° 20: Evolution de l'intensité de l'excrétion des œufs en fonction des dates de prélèvement, dans la Finca Machuca

Les intensités d'excrétion d'œufs sont importantes le 20.07.11, puis ont diminué à mesure des traitements sélectifs réalisés au cours des visites ayant suivi.

- Répartition des notes FAMACHA

La répartition des notes attribuées suit la tendance des modèles précédents, à savoir une majorité de 3 (56,1%), suivi de 4 (34,1%), de 2 (7,3%) et enfin de 5 (2,5%). Pour cette raison, les résultats imputés aux notes extrêmes de 2 et 5 sont à interpréter avec précaution.

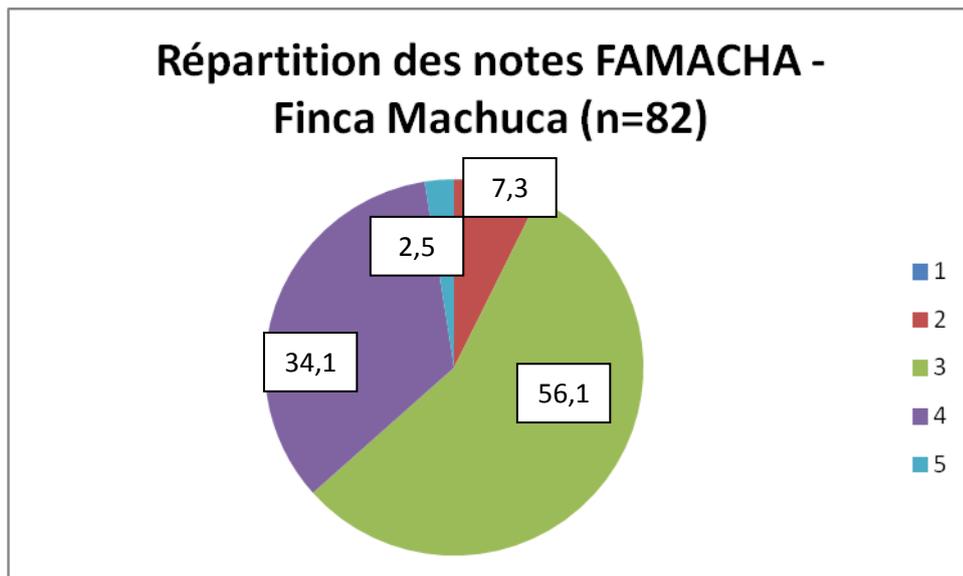


Figure n° 21 : Diagramme de répartition des pourcentages des notes FAMACHA attribuées au cours des différents prélèvements dans la Finca Machuca

- Résultats d'excrétion des œufs corrélés à la note FAMACHA

note FAMACHA	n (total = 82)	moyenne opg	médiane opg	[min – max]	écart type opg
1	0				
2	6	690	590	[40 – 1600]	657
3	46	1542	950	[0 – 10140]	1848
4	28	1773	1900	[0 – 8460]	2576
5	2	5110	5110	[2840 – 7380]	3210

Tableau n°22: Résultats d'intensité d'excrétion d'œufs et note FAMACHA associée (Finca Machuca)

L'interprétation est similaire une fois encore aux essais antérieurs, à savoir : la moyenne des opg augmente avec la note FAMACHA. Cependant, la dispersion des valeurs d'opg autour de la moyenne, suggérée par un écart-type élevé, est importante, la médiane étant cependant relativement proche de la moyenne.

- Résultats d'hématocrites corrélés à la note FAMACHA

note FAMACHA	n (total = 82)	valeur Ht attendue	valeur Ht observée (moyenne)	[min – max]	médiane	écart type
1	0	Ht > 28				
2	6	$23 \leq Ht \leq 27$	28,5	[24 – 34]	27,5	3,5
3	46	$18 \leq Ht \leq 22$	25,8	[16 – 34]	26	3,8
4	28	$13 \leq Ht \leq 17$	24,8	[16 – 34]	26	4,1
5	2	Ht < 12	13	[9 - 17]	13	5,7

Tableau n° 23: Résultats d'hématocrites et note FAMACHA (Finca Machuca)

On constate que pour toutes les notes FAMACHA ≥ 2 , la moyenne d'hématocrite obtenue est légèrement supérieure à la limite supérieure de l'intervalle attendu.

D'autre part, lorsqu'on compare le rapport moyenne/écart-type des valeurs d'opg et d'hématocrite, on constate que l'écart-type déduit à partir de l'hématocrite est, une fois de plus, proportionnellement beaucoup plus faible que celui déduit à partir de l'opg.

De même, la médiane est proche de la moyenne pour toutes les notes considérées.

- Recherche d'œufs de *Fasciola hepatica*

Toutes les recherches réalisées à chaque session de prélèvement se sont révélées négatives.

- Résistance aux anthelminthiques

Aucune résistance particulière n'a été mise en évidence.

- Résultats du dosage en cuivre

Aucun dosage en cuivre n'a été réalisé au sein de cet élevage.

- Conclusion

La prédominance importance d'*Haemonchus contortus* caractérise un quatrième type de contexte épidémiologique pour cet élevage, contexte qui se rapproche le plus des conditions idéales d'expérimentation.

Les résultats en termes d'opg et d'hématocrites sont comparables à ceux des trois précédents essais.

4.1.2. Résultats de validation de la méthode FAMACHA

4.1.2.1. Interprétation des résultats par élevage en termes de corrélation note/hématocrite et note/opg

On a constaté, notamment après étude de l'écart-type, que la dispersion des valeurs liées à l'hématocrite était toujours moindre à celle liée à l'opg, et ce pour les 4 essais.

D'autre part, concernant les essais n°1, 2 et 3, le coefficient de corrélation relatif au couple note/hématocrite est toujours nettement plus élevé que celui relatif au couple note/opg. Ces deux coefficients sont identiques pour le 4^{ème} essai.

Pour au moins 3 essais sur 4, la corrélation existant entre la note FAMACHA attribuée et l'hématocrite mesurée est plus importante que celle reliant la note FAMACHA attribuée et l'intensité d'excrétion d'œufs.

- Corrélation note/hématocrite

L'étude des coefficients de corrélation comparés aux tables de signification de r (en autorisant un risque $\alpha = 0,01$) tend à montrer qu'il existe une corrélation significative entre note FAMACHA et hématocrite, et ce pour les 4 élevages étudiés, l'essai n°4 orientant cependant vers une corrélation moindre par rapport aux trois précédents.

Le coefficient le plus élevé concerne l'essai n°3 ($r = - 0,69$), et le plus faible l'essai n°4 ($r = - 0,36$). En position intermédiaire, les essais n°1 et 2 ont donné le même coefficient de corrélation ($r = - 0,44$).

n° de l'essai (nom de l'élevage)	valeur de r	n – 2 (n = nombre d'échantillons)
1 (INTA)	- 0,44	312
2 (Finca Santa Anita)	- 0,44	179
3 (Ortega)	- 0,69	142
4 (Finca Machuca)	- 0,36	80

Tableau n° 24: Tableau comparatif des coefficients de corrélation note FAMACHA / hématoците selon les élevages

- Corrélation note/intensité d'excrétion d'œufs (opg)

A l'inverse de la situation précédente, c'est l'essai n°4 qui a donné le meilleur résultat ($r = 0,36$), avec cependant un coefficient faible. L'essai n°2 a donné le résultat le plus médiocre ($r = 0,13$). En position intermédiaire, on retrouve les essais n°1 et 3, avec respectivement $r = 0,22$ et $r = 0,25$.

Aux vues des résultats de corrélation comparés à la table de signification de r (en autorisant un risque $\alpha = 0,01$), il semble que le degré de corrélation entre les deux paramètres note FAMACHA et opg ne soit pas suffisamment élevé pour permettre une interprétation significative pour les essais 1 et 2. Les résultats concernant les essais 3 et 4 permettent tout juste d'envisager une corrélation significative pour $\alpha = 0,05$.

n° de l'essai (nom de l'élevage)	valeur de r	n – 2 (n = nombre d'échantillons)
1 (INTA)	0,22	301
2 (Finca Santa Anita)	0,13	137
3 (Ortega)	0,25	71
4 (Finca Machuca)	0,36	80

Tableau n° 25: Tableau comparatif des coefficients de corrélation note FAMACHA/intensité d'excrétion d'œufs selon les élevages

4.1.2.2. Interprétation des résultats par élevage en relation avec le contexte épidémiologique (résultats de coproculture)

Rappelons qu'alors que la prévalence d'*Haemonchus contortus* est du même ordre de grandeur que celle de *Trichostrongylus colubriformis* au sein des élevages n°2 et 3, *Haemonchus contortus* est minoritaire face à *Trichostrongylus colubriformis* dans l'élevage n°1, et au contraire apparaît nettement prédominant dans l'élevage n°4.

L'étude des différents coefficients de corrélation donne un résultat opposé à celui qu'on attendait en se basant sur les coprocultures. En effet, l'élevage n°4, étant pourtant celui dont le contexte épidémiologique était le plus favorable vis-à-vis de la prévalence d'*Haemonchus contortus*, est celui qui donne le coefficient de corrélation le plus faible entre la note FAMACHA et l'hématocrite.

En revanche, l'élevage n°1, pourtant caractérisé par la prédominance de *Trichostrongylus colubriformis*, donne des résultats similaires à l'élevage n°2 qui était caractérisé par une cohabitation à part égale entre *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis*.

Enfin, l'élevage n°3, pourtant caractérisé par une répartition variable des populations des deux nématodes, est celui qui donne le meilleur résultat en termes de pertinence de corrélation entre note FAMACHA et hématocrite.

4.2. Résultats globaux (ensemble des 4 élevages)

4.2.1. Distribution des notes attribuées

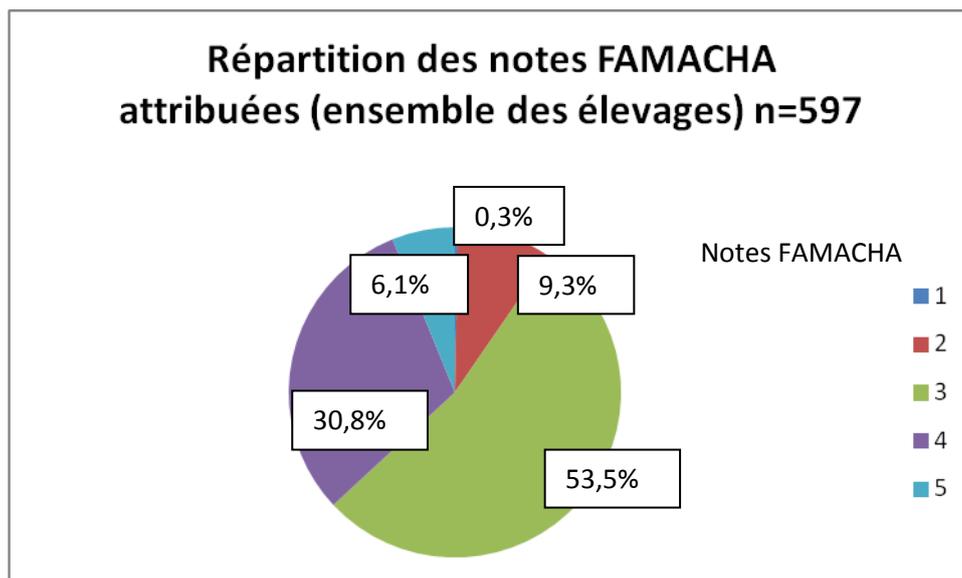


Figure n° 22: Diagramme représentant la répartition des différentes notes FAMACHA, basée sur les données de l'ensemble des quatre élevages

La répartition des notes collectées dans l'ensemble des 4 élevages est à l'image des répartitions étudiées à l'échelle individuelle, à savoir : une majorité de 3 (53,5%), suivie de près par 4 (30,8%), puis loin derrière arrivent les notes de 1, 2 et 5 (respectivement 0,3, 9,3 et 6,1%).

4.2.2. Détermination du seuil de note FAMACHA à partir duquel l'animal est considéré comme ayant répondu positivement au test (note FAMACHA à partir de laquelle le traitement anthelminthique est justifié)

Afin de déterminer ce seuil, les sensibilités sont comparées pour une même valeur seuil d'hématocrites (19, 20, 21 puis 22). Les deux seuils de note FAMACHA testés sont 3 et 4. La note FAMACHA « seuil » retenue comme référence pour définir un test positif sera celle pour laquelle la sensibilité sera la plus élevée, pour chaque seuil d'hématocrite testé.

Pour Ht seuil = 19

Ht ≤ 19 Note FAMACHA 3 - 4 - 5	Animal malade (Ht ≤ 19)	Animal sain	Total
Test positif (note FAMACHA 3 - 4 - 5)	78	574	652
Test négatif	1	68	69
total	79	642	721

Prévalence (Ht ≤ 19)	11,0
Sensibilité	98,7
Spécificité	10,6
Valeur prédictive positive	12,0
Valeur prédictive négative	98,6

Tableau n°26 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 19 et de note FAMACHA = 3

Ht ≤ 19 Note FAMACHA 4 - 5	Animal malade (Ht ≤ 19)	Animal sain	Total
Test positif (note FAMACHA 4 - 5)	56	209	265
Test négatif	23	433	456
total	79	642	721

Prévalence (Ht ≤ 19)	11,0
Sensibilité	70,9
Spécificité	67,4
Valeur prédictive positive	21,1
Valeur prédictive négative	95,0

Tableau n°27 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 19 et de note FAMACHA = 4

Pour Ht seuil = 20

Ht ≤ 20 Note FAMACHA 3 - 4 - 5	Animal malade (Ht ≤ 20)	Animal sain	Total
Test positif (note FAMACHA 3 - 4 - 5)	103	549	652
Test négatif	1	68	69
total	104	617	721

Prévalence (Ht ≤ 20)	14,4
Sensibilité	99,0
Spécificité	11,0
Valeur prédictive positive	15,8
Valeur prédictive négative	98,6

Tableau n°28 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 20 et de note FAMACHA = 3

Ht ≤ 20 Note FAMACHA 4 - 5	Animal malade (Ht ≤ 20)	Animal sain	Total
Test positif (note FAMACHA 4 - 5)	67	198	265
Test négatif	37	419	456
total	104	617	721

Prévalence (Ht ≤ 20)	14,4
Sensibilité	64,4
Spécificité	67,9
Valeur prédictive positive	25,3
Valeur prédictive négative	91,9

Tableau n°29 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 20 et de note FAMACHA = 4

Pour Ht seuil = 21

Ht ≤ 21 Note FAMACHA 3 - 4 - 5	Animal malade (Ht ≤ 21)	Animal sain	Total
Test positif (note FAMACHA 3 - 4 - 5)	141	511	652
Test négatif	1	68	69
total	142	579	721

Prévalence (Ht ≤ 21)	19,7
Sensibilité	99,3
Spécificité	11,7
Valeur prédictive positive	21,6
Valeur prédictive négative	98,6

Tableau n°30 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 21 et de note FAMACHA = 3

Ht ≤ 21 Note FAMACHA 4 - 5	Animal malade (Ht ≤ 21)	Animal sain	Total
Test positif (note FAMACHA 4 - 5)	86	179	265
Test négatif	56	400	456
total	142	579	721

Prévalence (Ht ≤ 21)	19,7
Sensibilité	60,1
Spécificité	87,7
Valeur prédictive positive	32,5
Valeur prédictive négative	87,7

Tableau n°31 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 21 et de note FAMACHA = 4

Pour Ht seuil = 22

Ht ≤ 22 Note FAMACHA 3 - 4 - 5	Animal malade (Ht ≤ 22)	Animal sain	Total
Test positif (note FAMACHA 3 - 4 - 5)	186	466	652
Test négatif	2	67	69
total	188	533	721

Prévalence (Ht ≤ 22)	26,1
Sensibilité	98,9
Spécificité	12,6
Valeur prédictive positive	28,5
Valeur prédictive négative	97,1

Tableau n°32 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 22 et de note FAMACHA = 3

Ht ≤ 22 Note FAMACHA 4 - 5	Animal malade (Ht ≤ 22)	Animal sain	Total
Test positif (note FAMACHA 4 - 5)	110	155	265
Test négatif	78	378	456
total	188	533	721

Prévalence (Ht ≤ 22)	26,1
Sensibilité	58,5
Spécificité	70,9
Valeur prédictive positive	41,5
Valeur prédictive négative	82,9

Tableau n°33 : Prévalence, sensibilité, spécificité, VPP et VPN associées à un seuil d'hématocrite = 22 et de note FAMACHA = 4

- Etude de la sensibilité

On remarque que quelque soit la limite d'hématocrite seuil choisie (19, 20, 21 ou 22), la sensibilité oscille entre 99 et 100% lorsqu'on choisit la note de 3. En revanche, lorsque la valeur seuil prise en compte est la note de 4, la sensibilité varie entre 60 et 70%.

En pratique, cela signifie que si on choisit de traiter uniquement les animaux ayant obtenu une note de 4 ou 5, on prend le risque de ne pas traiter 30 à 40% des animaux malades, ce qui représente une fraction non négligeable du troupeau. En revanche, en traitant les animaux ayant obtenu une note de 3, 4 ou 5, on est assuré d'avoir traité l'ensemble des animaux qui en avaient besoin, à une ou deux exceptions près.

- Etude de la spécificité

Selon le seuil d'hématocrite pris en compte, la spécificité oscille entre 10 et 13% pour une note FAMACHA seuil de 3, contre 67 à 71% pour une note de 4.

En pratique, cela signifie qu'en choisissant de ne traiter que les animaux ayant obtenu une note supérieure ou égale à 3, on prend le risque de « traiter pour rien » environ 90% du troupeau, contre seulement 30% si on choisit de ne traiter que les animaux ayant une note de 4 ou 5.

- Etude des valeurs prédictives

Le concept de valeur prédictive est important à considérer car la pratique du terrain ne nous donne accès qu'au résultat du test (ici, la note FAMACHA), et c'est à partir de ce résultat que le vétérinaire doit juger si l'animal est malade ou non, c'est-à-dire dans notre cas particulier s'il doit lui administrer ou non un traitement antiparasitaire.

Les valeurs prédictives dépendent de la prévalence de la maladie au sein de la population considérée. Si l'association entre note FAMACHA et anémie est inexistante ou faible, la valeur prédictive positive (VPP) sera de l'ordre de la prévalence. En revanche, plus cette association sera forte, et plus la VPP excédera la prévalence.

Or, on constate que quelque soit la valeur seuil d'hématocrite considérée, la VPP est de l'ordre de la prévalence lorsque la note FAMACHA seuil est de 3, mais est supérieure à la prévalence lorsqu'on choisit une note seuil de 4. Cela tend à montrer que l'association existant entre note FAMACHA et hématocrite est davantage pertinente quand on considère l'animal comme malade à partir d'une note FAMACHA de 4.

D'autre part, pour un seuil de note FAMACHA donné, le rapport VPP/prévalence diminue à mesure que le seuil d'hématocrite choisi augmente. Cela signifie que plus le seuil d'hématocrite choisi est élevé et moins l'association paraît pertinente.

Enfin, concernant la valeur prédictive négative (VPN), quelque soient les seuils considérés, cette valeur est élevée, ce qui signifie que la probabilité qu'un animal ayant obtenu une note FAMACHA faible (muqueuse oculaire rosée à rouge) et donc ayant échappé au traitement, soit tout de même anémique, est très faible.

- Conclusion

Cette première évaluation statistique est un travail préliminaire aidant au choix de la méthode de lutte contre le parasitisme gastro-intestinal à adopter sur le terrain, c'est-à-dire plus concrètement à partir de quel seuil de note FAMACHA l'animal devra être traité.

Or, les résultats montrent que le choix de la note seuil de 3 ou de 4 n'est pas figé et dépendra de l'objectif de l'éleveur : veut-il traiter le plus « largement » possible son troupeau afin de ne pas prendre le risque de laisser des animaux malades sans traitement, sachant que dans ce cas l'usage des anthelminthiques sera certes diminué mais toujours conséquent en termes économiques et en termes de résistance ; ou au contraire l'éleveur est-il prêt à ne traiter que les animaux les plus sévèrement atteints, ce qui diminuerait sensiblement le nombre de traitements à appliquer (favorable d'un point de vue économique et vis-à-vis du ralentissement du phénomène de résistance), au risque de laisser sans traitement une portion non négligeable d'animaux qui auraient nécessité ce traitement ?

4.2.3. *Corrélation entre la note FAMACHA et l'hématocrite*

Le graphique ci-dessous montre une corrélation linéaire entre la note FAMACHA attribuée à un animal selon la couleur de sa muqueuse oculaire et son hématocrite.

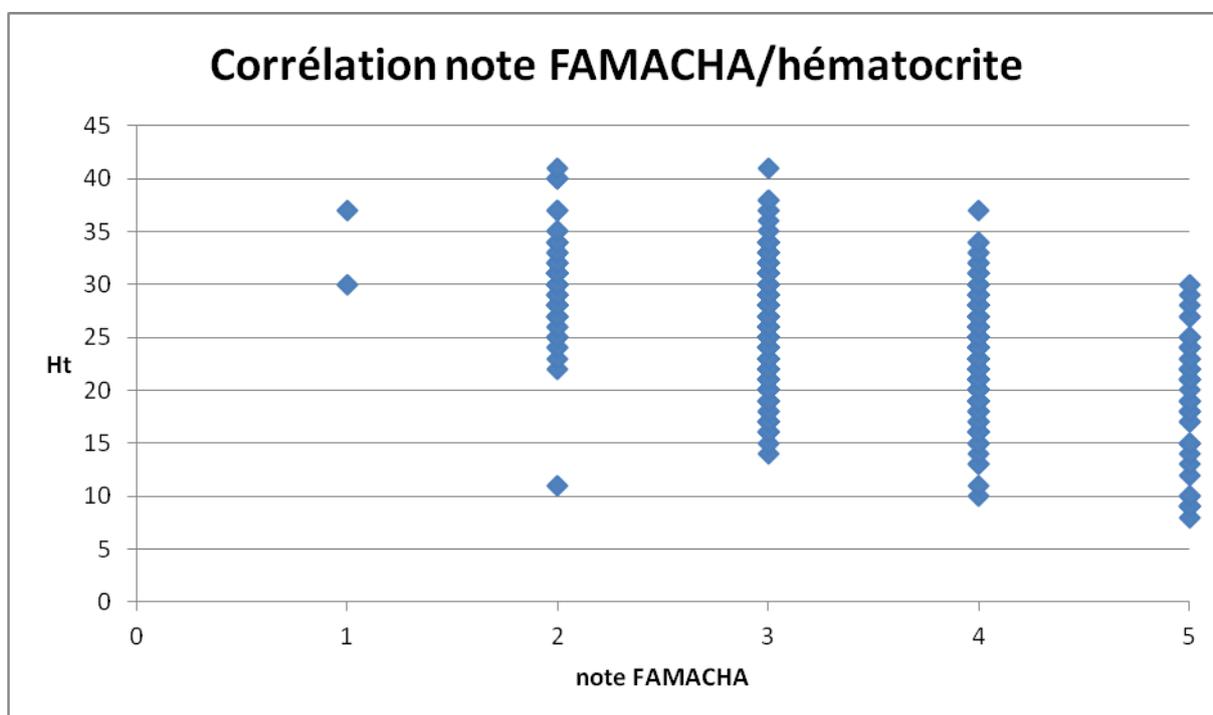
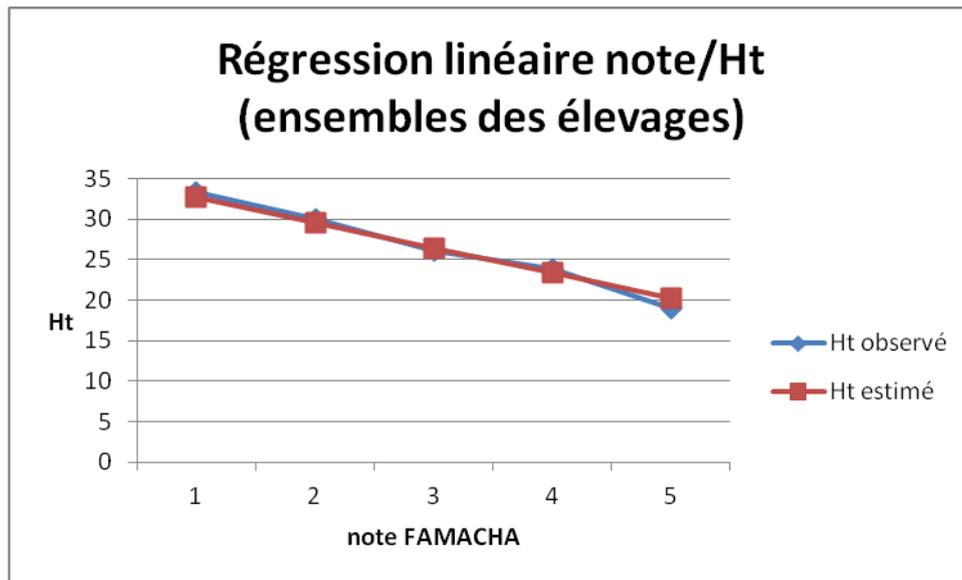


Figure n° 23: Distribution des valeurs d'hématocrites en fonction des notes FAMACHA attribuées (ensemble des quatre élevages)



	note/Ht
R (coef corrélation)	-0,44984697
R2 (coef détermination)	0,2023623
a (ordonnée à l'origine)	4,98156354
b (pente)	-3,11004681

$$y=a+bx$$

$$\text{soit Ht} = 4,98 - 3,11 * \text{note}$$

Figure n° 24: Courbes de régression linéaire, théorique et empirique, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'hématocrite (ensemble des quatre élevages)

D'après l'allure du nuage de points, on constate tout d'abord qu'une corrélation linéaire existe entre ces deux variables.

D'autre part, la valeur du coefficient de corrélation ($r = -0,45$) comparée à la table de signification de r (en choisissant $\alpha = 0,05$), montre que cette corrélation est significative (Jolicoeur).

4.2.4. Corrélation entre la note FAMACHA et l'intensité d'excrétion d'œufs

Le graphique ci-dessous montre la relation entre la note FAMACHA et les résultats d'opg.

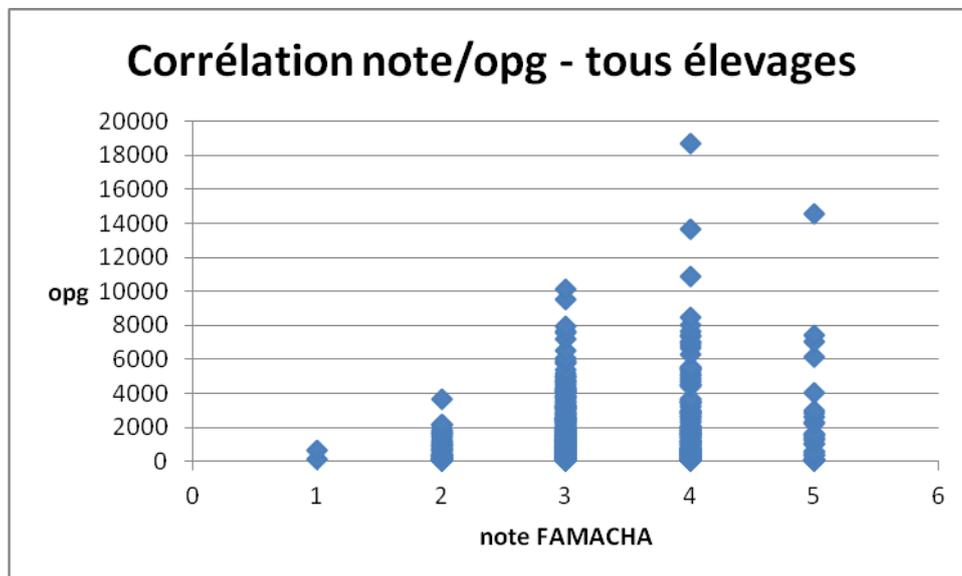
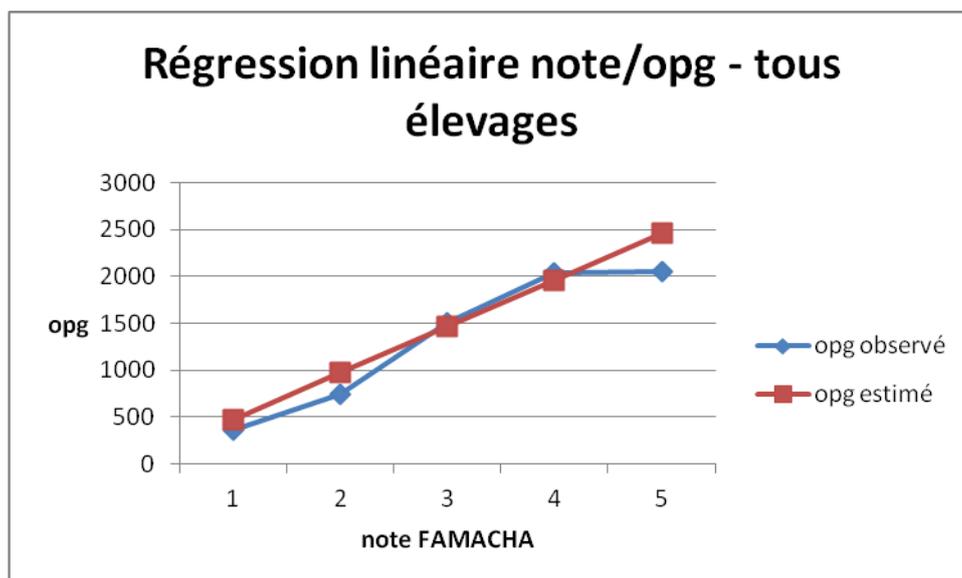


Figure n° 25: Distribution des valeurs d'opg en fonction des notes FAMACHA attribuées (ensemble des quatre élevages)



	note/opg
R (coef corrélation)	0,173553838
R2 (coef détermination)	0,030120935
a (ordonnée à l'origine)	-18,68209525
b (pente)	495,1244781

$$y=a+bx$$

$$\text{Soit opg} = - 18,68 + 495,12 * \text{note}$$

Figure n° 26: Courbes de régression linéaire, théorique et empirique, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'opg (ensemble des quatre élevages)

Cette fois, le coefficient de corrélation est plus faible que précédemment ($r = 0,17$), mais la corrélation entre note et opg reste significative avec $n = 597$ (Jolicoeur).

5. Discussion et perspectives

5.1. Remarques concernant les résultats parasitologiques par élevage

La présence du parasite hématophage *Haemonchus contortus* étant une condition requise pour l'application de la méthode FAMACHA, l'étude des coprocultures a montré que la proportion de larves infestantes d' *Haemonchus contortus* dans les coprocultures était variable non seulement au cours du temps au sein d'un même élevage, mais également d'un élevage à un autre.

L'étude de ces 4 élevages, représentant chacun un contexte épidémiologique particulier en termes de prédominance d'*Haemonchus contortus* et/ou de présence de *Fasciola hepatica* (essai n°2), avait donc pour objectif d'évaluer l'influence de ce contexte sur la pertinence de la méthode FAMACHA, reflétée par les coefficients de corrélation entre la note FAMACHA attribuée et l'hématocrite (l'indicateur « opg » étant inapproprié aux vues des faibles indices de corrélation correspondants).

Or, les résultats par élevage ont été plutôt surprenants.

En effet, la prédominance marquée d'*Haemonchus contortus* dans l'élevage 4 nous amenait à considérer cet élevage comme étant celui regroupant les conditions optimales d'application de la méthode FAMACHA d'un point de vue épidémiologique, la suite des investigations ayant donc tout intérêt à se dérouler dans un contexte épidémiologique semblable. Cependant, il se trouve que c'est ce même élevage qui a obtenu la corrélation la plus faible entre note et hématocrite. On est donc naturellement amené à se demander si un tel contexte épidémiologique est réellement favorable à la mise en œuvre de la méthode FAMACHA, ou s'il existe un autre facteur non pris en compte jusqu'alors, responsable d'une corrélation moindre dans cet élevage.

D'autre part, l'essai n°3, pourtant caractérisé par une prédominance de *Trichostrongylus colubriformis* au détriment d'*Haemonchus contortus*, s'est détaché des trois autres, avec une

corrélation note/hématocrite élevée. Quel est donc le facteur qui différencie cet élevage de l'élevage n°4 ?

Afin d'apporter un élément de réponse, les proportions relatives des notes 4 et 5 regroupées, et des notes 3, 4 et 5 regroupées ont été étudiées sous forme de diagrammes.

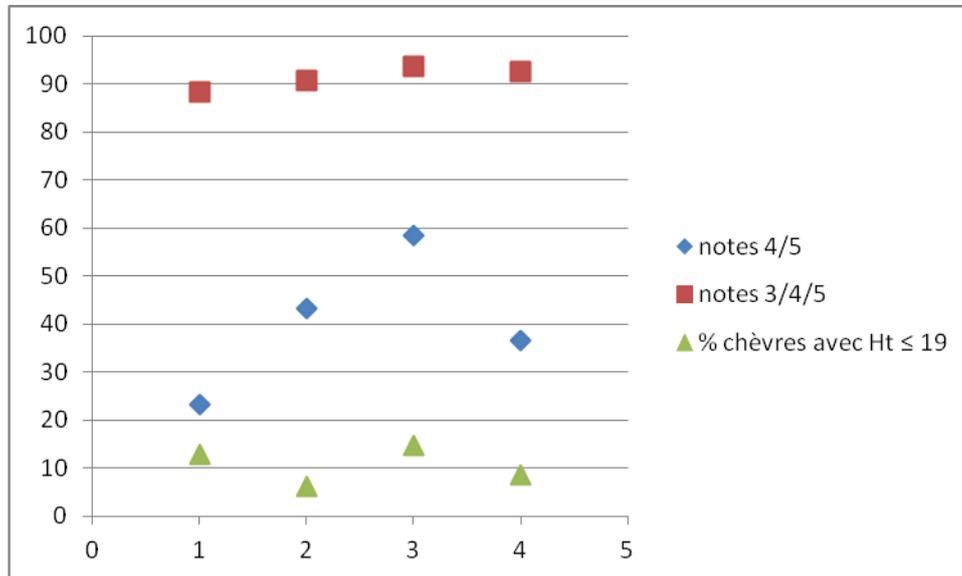


Figure n°27 : Répartition des notes FAMACHA et pourcentages de chèvres « malades » (Ht ≤ 19) par élevage

On constate qu'il y a peu de différence entre élevage si on considère la proportion de notes 3, 4 et 5 regroupées (de l'ordre de 90%). En revanche, il existe une certaine disparité entre élevages quant à la proportion de notes 4 et 5 regroupées (de 23 à 58%).

L'élevage n°3 possède la plus grande proportion de notes 4 et 5 (58,3%), c'est-à-dire la plus grande proportion d'animaux ayant répondu positivement au test. De plus, le même élevage possède la plus grande proportion d'animaux malades, c'est-à-dire caractérisés par $Ht \leq 19$ (14,6%). On peut donc émettre l'hypothèse que la proportion d'animaux anémiés au sein du troupeau est un autre facteur qui, ajouté à la prévalence d'*Haemonchus contortus*, joue un rôle non négligeable concernant la pertinence de la validation de la méthode. En d'autres termes, plus un troupeau possède un grand nombre d'animaux anémiés et plus la méthode FAMACHA sera pertinente.

D'autre part, la présence de *Fasciola hepatica* au sein de l'élevage 3 nous amène à discuter de son impact quant à la validation de la méthode FAMACHA. Les résultats de l'essai n°2 étant identiques à ceux de l'essai n°1, il est difficile d'établir les conséquences de la présence d'une infestation par *Fasciola hepatica* sur la pertinence de la méthode FAMACHA.

5.2. Remarques concernant les modalités de mise en œuvre pratique de la méthode FAMACHA

Le but de cette étude était de tester la possibilité de l'application d'une méthode de traitement antiparasitaire sélectif basée sur l'observation de la couleur de la muqueuse oculaire, développée en Afrique du Sud sur des ovins, à l'élevage caprin au Nord-Ouest de l'Argentine.

Les conditions d'applications de la méthode FAMACHA définies en Afrique du Sud nous ayant servi de fil conducteur, nous avons naturellement été confrontés aux mêmes obstacles de mise en œuvre pratique soulignés par les équipes ayant réalisé les travaux préliminaires.

En effet, du fait de la difficulté à organiser d'un point de vue pratique les sessions de prélèvements au sein des élevages, le délai de 2 mois entre deux sessions de prélèvements dans un même élevage a souvent été dépassé.

D'autre part, concernant la réalisation pratique de l'évaluation de la couleur de la muqueuse oculaire, on se heurte encore une fois au problème de sa faisabilité sur le terrain :

- Une mise en œuvre dans les conditions idéales requiert une observation de la muqueuse oculaire à la lumière naturelle, cela suggère qu'une réalisation pratique du test à l'intérieur d'un bâtiment plus ou moins sombre est susceptible de biaiser les résultats. Or, lors de la dernière visite au sein de la Finca Machuca (essai n°4), l'évaluation de la couleur de la muqueuse oculaire n'a pas pu être réalisée à la lumière naturelle. Ceci pourrait être à l'origine d'un biais au niveau des résultats mis en évidence au sein de cet élevage ;
- D'autre part, l'opération doit être réalisée par un unique opérateur ayant réalisé une formation préalable, afin de garantir la reproductibilité de l'évaluation clinique. Outre cette condition requise, l'opération peut devenir plus ou moins chronophage selon la taille du cheptel, d'autant plus qu'elle doit être répétée individuellement et tous les mois pour un résultat optimal. Cet aspect peut donc représenter un frein pour l'éleveur. Afin d'y remédier, il peut être envisagé de n'examiner qu'une fraction représentative du troupeau, et dans le cas d'une proportion faible d'animaux nécessitant un traitement antiparasitaire, n'examiner et ne traiter que les animaux du reste du troupeau apparaissant cliniquement débilisés.

Par ailleurs, la comparaison entre les moyennes d'hématocrite obtenues pour chaque note FAMACHA avec les intervalles proposés par Schoenian en 2005 montre qu'il existe presque systématiquement un sur classement d'un point. En d'autres termes, cela signifie qu'un animal auquel on a attribué la note de 4 suite à l'évaluation clinique, devrait en réalité se trouver dans la catégorie 3 d'après son hématocrite. Cette tendance au sur classement des notes FAMACHA explique la proportion importante de chèvres traitées « pour rien ».

Enfin, rappelons l'importance de l'identification des animaux traités d'une session à l'autre. Cet aspect est à prendre en compte tout particulièrement pour les élevages du NOA, du fait d'une part de la présence non systématique d'une boucle auriculaire, ou d'un numéro écrit au

feutre sur la boucle qui s'efface dès les premières gouttes de pluie, ou encore du pâturage dans les bois qui efface toute trace de marque réalisée sur les poils (bombe ou marqueur coloré).

5.3. Remarques concernant la détermination du seuil de note FAMACHA à partir duquel le test est considéré comme positif et ses conséquences en termes de traitement

L'analyse de l'ensemble des données a montré que le test consistant à regarder la couleur de la muqueuse oculaire était presque deux fois plus sensible lorsqu'on considérait comme note seuil la note FAMACHA 3. D'autre part, cette sensibilité avoisine les 100%, ce qui signifie en pratique que si tous les animaux ayant obtenu, suite à l'évaluation clinique de leur muqueuse oculaire, une note supérieure ou égale à 3 sont traités, l'éleveur peut être assuré d'avoir traité la quasi totalité des animaux en ayant besoin, ce qui représente un avantage non négligeable.

En revanche, le fait d'avoir choisi une marge de sécurité si importante implique qu'une proportion plus ou moins importante des animaux ayant reçu un traitement anthelminthique a été traité « inutilement », c'est-à-dire que le bénéfice du traitement sur ces animaux est discutable. Tout l'enjeu du traitement sélectif est d'arriver à minimiser au maximum cette fraction de la population qui est traitée « pour rien », afin de limiter dans un premier temps les coûts liés au traitement (main-d'œuvre et achat du produit), et à plus long terme de ralentir l'émergence de résistance à la substance anthelminthique.

Rappelons que l'un des objectifs du traitement sélectif est de préserver un certain pourcentage d'animaux contaminés afin que se produise l'effet refuge.

Dans notre cas, nous avons vu précédemment après avoir étudié la répartition des notes FAMACHA que les animaux devant être traités, c'est-à-dire ayant reçu une note de 3, 4 ou 5, représentent environ 90% des animaux examinés. On en déduit donc que l'éleveur a réalisé une économie de 10%, en appliquant le principe de traitement sélectif.

5.4. Remarques concernant la pertinence de la corrélation entre note FAMACHA et intensité d'excrétion d'œufs

L'étude du coefficient de corrélation entre la note FAMACHA et l'opg n'a pas montré de corrélation significative, ce qui rend difficile l'utilisation de l'intensité d'excrétion d'œufs comme marqueurs au sein de notre étude.

En effet, plusieurs facteurs sont susceptibles de biaiser les résultats d'opg, comme par exemple l'administration d'un traitement anthelminthique dans la période précédant une évaluation clinique de la muqueuse oculaire, les possibilités de recontamination liées au mode de pâturage, ou encore le degré de résistance naturelle de l'hôte à l'infestation, lui-même lié au stade physiologique de la chèvre (lactation, peri-partum) ou encore à l'existence d'un éventuel déficit énergétique.

L'existence de ces différents biais peut expliquer l'obtention de meilleurs résultats avec l'hématocrite qu'avec l'opg. Cependant, l'opg a fait l'objet de notre étude car il avait un avantage certain vis-à-vis de sa réalisation pratique : en effet, le prélèvement de matières fécales peut être réalisé par l'éleveur lui-même, alors que la prise de sang requiert une certaine technicité nécessitant l'intervention du vétérinaire dans l'élevage.

CONCLUSION

A l'heure actuelle, ce travail de recherche, même s'il n'a pas encore livré toutes les réponses à la problématique initiale, apporte cependant un certain nombre d'enseignements.

En effet, outre les résultats présentés, un premier état des lieux du parasitisme des élevages caprins du NOA a été dressé. Les infestations constatées, parfois importantes, attestent d'une gestion encore très imparfaite du parasitisme, ce qui justifie de poursuivre les investigations et la communication autour des éléments de maîtrise connus. De plus, la présente étude a permis de cibler de façon plus précise les régions les plus favorables d'un point de vue épidémiologique au développement d'*Haemonchus contortus*, et donc celles où la réalisation d'éventuelles études complémentaires serait la plus pertinente.

Concernant la validation proprement dite de la méthode FAMACHA, il ressort de ce travail de recherche l'existence d'une corrélation significative entre la note attribuée et l'hématocrite, une relation de ce genre entre la note et l'opg n'ayant pas été obtenue. Ainsi, outre les obstacles de mise en place sur le terrain développés précédemment, la méthode FAMACHA appliquée aux élevages caprins du NOA semble faciliter l'identification des animaux les plus sévèrement parasités par *Haemonchus contortus*, ainsi que leur traitement préférentiel par la suite.

D'autre part, il convient de garder à l'esprit que la méthode FAMACHA reste un outil parmi d'autres pour le développement du concept de traitement sélectif visant à ralentir l'émergence de résistance aux anthelminthiques. Les bénéfices seront optimaux si cette méthode est couplée à d'autres outils comme ceux développés dans la seconde partie de cette étude.

Enfin, il est à noter que les prémices d'un travail de recherche complémentaire portant sur la relation qu'il pourrait exister entre l'état général de l'animal évalué concrètement par l'attribution d'une note d'indice d'état corporel, et le degré de parasitisme, ont été mis en place lors des dernières visites au sein de la Finca Santa Anita. Cette opération, couplée par exemple à l'élaboration d'une grille de description plus précise des critères à prendre en compte (niveau de production, qualité du pelage, indice de diarrhée, vitesse de croissance, taux de fécondité...), mériterait de faire l'objet d'investigations plus poussées, afin de révéler sa pertinence.

La validation de cette méthode ayant été établie, des investigations supplémentaires actuellement en développement permettront de franchir l'étape suivante, à savoir définir les modalités d'application de la méthode FAMACHA.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

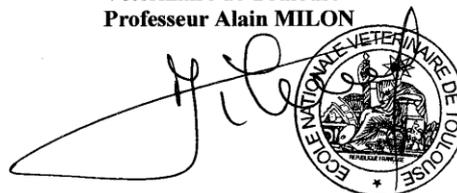
En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, **Philippe JACQUIET**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **Manon FONDRAZ** intitulée « *Evaluation de la méthode FAMACHA dans le but de détecter une anémie clinique dans les élevages caprins du nord-ouest de l'Argentine* » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 17/10/2012
Professeur Philippe JACQUIET
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



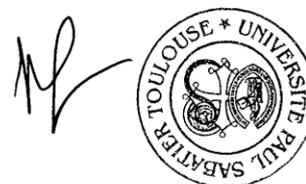
Vu :
Le Directeur de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Professeur Alain MILON



Vu :
Le Président du jury :
Professeur Alexis VALENTIN



Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur Bertrand MONTHUBERT



Mlle FONDRAZ Manon
a été admis(e) sur concours en : 2006
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 30/06/2010
a validé son année d'approfondissement le : 12/07/2012
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

BIBLIOGRAPHIE

ABARCA, G. 1990

Diagnóstico parasitológico gastrointestinal y pulmonar del hato caprino en la región sureste del Valle Central de Costa Rica.

Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica.

ABBOTT K. A., TAYLOR M. A., STUBBINGS L. A., 2004

Anthelmintic resistance management in sheep.

Vet. Rec. 154, 735–736.

AGUIRRE D. H., CAFRUNE M. M., VINABAL A. E., SALATIN A. O., 2002

Aspectos epidemiológicos y terapéuticos de la nematodiasis gastrointestinal caprina en un área subtropical de la Argentina.

RIA. 31 :25-40.

ANZIANI O.S., SUAREZ V.H., GUGLIELMONE A.A., 2004

Resistance to benzimidazole and macrocyclic lactone anthelmintics in cattle nematodes in Argentina.

Vet. Parasitol. 122 : 303-306.

ATHANASIADOU S., KYRIAZAKIS I., JACKSON F., 2001

Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and in vivo studies.

Vet. Parasitol. 99: 205-219.

BAKER R. L., MWAMACHI D. M., AUDHO J. O., ADUDA E. O., THORPE W., 1999

Genetic resistance to gastro-intestinal nematode parasites in Red Maasai, Dorper and Red Maasai Dorper ewes in the sub-humid tropics.

Anim. Sci. 69 : 335–344.

BARGER I. A., SIALE K. I., BANKS D. J. D., LE JAMBRE L. F., 1994

Rotational grazing for control of gastrointestinal nematodes of goats in a wet tropical environment.

Vet. Parasitol. 53 : 109–116.

BARNES E. H., DOBSON R. J., BARGER I. A., 1995

Worm control and anthelmintic resistance: adventures with a model.

Parasitol. Tod. 11 : 56–63.

BATH G. F., HANSEN J. W., KRECEK R. C., VAN WYK J. A., VATTA A. F., 2001

Sustainable approaches for managing haemonchosis in sheep and goats.

Final Report of FAO Technical Cooperation Project No. TCP/SAF/8821(A).

BATH G. F., MALAN F. S., VAN WYK J. A., 1996

The FAMACHA® ovine anaemia guide to assist with the control of haemonchosis.

Proceedings of the 7th Annual Congress of the Livestock Health and Production

Group of the South African Veterinary Association , Port Elizabeth : 5–7.

BESIER R. B., 2008

Targeted treatment strategies for sustainable worm control in small ruminants.
Proceedings of the 5th International workshop; novel approaches to the control of helminth parasites of livestock. 26–29th Feb. 2008, Ipoh, Malaysia.
Trop. Biomed. : 9–17.

BESIER R. B., LOVE S. C. J., 2003

Anthelmintic resistance in sheep nematodes in Australia: the need for new approaches.
Aust. J. Exp. Agric. 43 : 1383–1391.

BISSET S. A., VAN WYK J. A., MORRIS C. A., STENSON M. O., MALAN F. S., 2001
Phenotypic and genetic relationships amongst FAMACHA© score, faecal egg count and performance data in Merino sheep exposed to *Haemonchus contortus* infection in South Africa.

Proceedings of 5th Internat. Sheep Vet. Congr. , Stellenbosch, S. Afr (CD).

BROUGHAN J. M., WALL R., 2007

Faecal soiling and gastrointestinal helminth infection in lambs.
Int J Parasitol. 37 :1255-68.

BURKE J. M., KAPLAN R. M., MILLER J. E., TERRILL T. H., GETZ W. R., MOBINI S., VALENCIA E., WILLIAMS M. J., WILLIAMSON L. H., VATTA A. F., 2007

Accuracy of the FAMACHA system for on-farm use by sheep and goat producers in the southeastern United States.

Vet. Parasitol. 147 : 89-95.

BURKE J. M., MILLER J. E., 2008

Use of FAMACHA system to evaluate gastrointestinal nematode resistance/resilience in offspring of stud rams.

Vet. Parasitol. 153 : 85-92.

COADWELL W. J., WARD P. F. V., 1982

The use of faecal egg counts for estimating worm burdens in sheep infected with *Haemonchus contortus*.

Parasitol. 85 : 251–256.

COLES G. C., TRITSCHLER 2nd J. P., GIORDANO D. J., COPPINGER R. P., 1986

Nematodirus species in New England lambs.

Vet. Rec. 118 : 696–698.

COLLAR C., GLEN J., HULLINGER P., REED B., ROWE J., STULL C., 2000

Animal care series: goat care practices. University of California. USA.

http://www.vetmed.ucdavis.edu/vetext/INF-GO_CarePrax2000.pdf

COOP R. L., SYKES A. R., ANGUS K. W., 1977

The effect of a daily intake of *Ostertagia circumcincta* larvae on body weight, food intake and concentration of serum constituents in sheep.

Res. Vet. Sci. 23 : 76–83.

CRINGOLI G., VENEZIANO V., JACKSON F., VERCRUYSSSE J., GREER A. W., FEDELE V., MEZZINO L., RINALDI L., 2008
Effects of targeted anthelmintic treatments on the milk production of dairy sheep naturally infected by gastrointestinal strongyles.
Vet. Parasitol. 156 : 340–345.

EJLERTSEN M., GITHIGIA S. M., OTIENO R. O., THAMSBORG S. M., 2006
Accuracy of an anaemia scoring chart applied on goats in subhumid Kenya and its potential for control of *Haemonchus contortus* infections.
Vet. Parasitol. 141 : 291–301.

ETTER E., CHARTIER C., HOSTE H., PORS I., LEFRILEUX Y., BROQUA C., VALLADE S., GOUDEAU C., 2000
Parasitisme par les nématodes du tube digestif et utilisation du pâturage : épidémiologie de l'infestation dans les troupeaux caprins laitiers en France.
Epidemiol. et santé anim. 37 : 75-86.

GASBARRE L. C., STOUT W. L., LEIGHTON E. A., 2001
Gastrointestinal nematodes of cattle in the northeastern US: results of a producer survey.
Vet. Parasitol. 101:29-44.

GAULY M., SCHACKERT M., ERHARDT G., 2004
Use of FAMACHA® Eye colour chart in the context of breeding for parasite resistance in lambs exposed to an artificial *Haemonchus contortus* infection.
Detsche Tierarztliche Wochenschrift. 111 : 430-433.

GEORGHIOU G. P., TAYLOR C. E., 1977
Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance.
J. Econ. Entomol. 70 : 319–323.

GRAY G. D., PRESSON B. L., ALBERS G. A., LE JAMBRE L. F., PIPER L. R., BARKER J., 1987
Comparison of within and between-breed variation in resistance to *Haemonchosis* in sheep. “Merino Improvement Programs in Australia”.
In Proceedings Australian Wool Corporation Symposium, Melbourne: 365-369.

GRUNER L., AUMONT G., BOUIX J., MANDONNET N., 2001
La résistance génétique aux nématodes parasites chez les petits ruminants : un caractère de mieux en mieux connu.
Renc. Rech. Ruminants : 195-198.

HOSTE H., LE FRILEUX Y., GOUDEAU C., CHARTIER C., PORS I., BROQUA C., BERGEAUD J. P., 2002a
Distribution and repeatability of nematode faecal egg counts in dairy goats; a farm survey and implications for worm control.
Res. Vet. Sci. 72 : 211–215.

HOSTE H., CHARTIER C., LE FRILEUX Y., GOUDEAU C., BROQUA C., PORS I., BERGEAUD J. P., DORCHIES P., 2002b
Targeted application of anthelmintics to control trichostrongylosis in dairy goats: a result of a 2-year survey in farms.
Vet. Parasitol. 110 : 101–108.

HOSTE H., LE FRILEUX Y., POMMARET A., 2002c
Comparison of selective and systematic treatments to control nematode infection of the digestive tract in dairy goats.
Vet. Parasitol. 106 : 345–355.

HUBERT J., KERBOEUF D., GRUNER L., 1979
Study of gastro-intestinal strongylosis in a sheep flock on permanent pasture in 1977.
Ann. Rech. Vet. 10 : 503–518.

HUTCHENS T., HARMON R., 2005
County Assessment of FAMACHA© chart. Goat producer's newsletter.
University of Kentucky.
<http://www.ukg.edu/Ag/AnimalScience/goats/newsletter/fgoatproducersnewsletter019052.pdf>

ISMAIL A., ABAKAR A., ABDELSALAM E., 2004
Caprine Haemonchosis: pathogenicity of *Haemonchus contortus* infection in desert goats, South Darfur, Sudán.
Assiut Veterinary Medical Journal. Assiut, Egypt. 50 : 134-143.

JACKSON F., CHRISTIE M. G., 1979
Observations on the egg output resulting from continuous low-level infections with *Ostertagia circumcincta* in lambs.
Res. Vet. Sci. 27 : 244–245.

JASMER D. P., YAO C., REHMAN A., JOHNSON S., 2000
Multiple lethal effects induced by a benzimidazole anthelmintic in the anterior intestine of the nematode *Haemonchus contortus*.
Mol. Biochem. Parasitol. 105 : 81-90.

KAMINSKY R., GAUVRY N., SCHORDERET WEBER S., SKRIPSKY T., BOUVIER J., WENGER A., SCHROEDER F., DESAULES Y., HOTZ R., GOEBEL T., HOSKING B. C., PAUTRAT F., WIELAND-BERGHAUSEN S., DUCRAY P., 2008
Identification of the amino-acetonitrile derivative monepantel (AAD 1566) as a new anthelmintic drug development candidate.
Parasitol. Res. 103 : 931–939.

KAPLAN R. M., BURKE J. M., TERRILL T. H., MILLER J. E., GETZ W. R., MOBINI S., VALENCIA E., WILLIAMS M. J., WILLIAMSON L. H., LARSEN M., VATTA A. F., 2004
Validation of the FAMACHA© eye color chart for detecting clinical anemia in sheep and goats on farms in the southern United States.
Vet. Parasitol. 123 : 105–120.

KAPLAN R, MILLER J., 2004
FAMACHA® Information Guide.
<http://www.scsrpc.org/FAMACHA/InfoGuide.shtml>

KENYON F., GREER A. W., COLES G. C., CRINGOLI G., PAPADOPOULOS E., CABARET J., BERRAG B., VARADY M., VAN WYK J. A., THOMAS E., VERCRUYSSSE J., JACKSON F., 2008
The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants.
Vet. Parasitol. 164 : 3–11.

KOTZE A. C., 1998
Effects of macrocyclic lactones on ingestion in susceptible and resistant *Haemonchus contortus* larvae.
J. Parasitol. 84 : 631-5.

KUMBA F., 2002
A gut feeling: deworming goats.
Science in Africa. University of Namibia. Namibia, Africa.
<http://www.scienceinafrica.co.za/2002/december/goats.html>

LEATHWICK D. M., WAGHORN T. S., MILLER C. M., ATKINSON D. S., HAACK N. A., OLIVER A. M., 2006
Selective and on-demand drenching of lambs: impact on parasite population and performance of lambs.
New Z. Vet. J. 54 : 305–312.

MACHEN R., CRADDOCK F., CRAIG T., FUCHS, T., 1994
A *Haemonchus contortus* management plan for sheep and goats in Texas.
Texas Agriculture Extension Service.
<http://animalscience.tamu.edu/ansc/publications/sheeppubs/L5095haemonchus.pdf>

MAHIEU M., ARQUET R., KANDASSAMY T., MANDONNET N., HOSTE H., 2007
Evaluation of targeted drenching using Famacha® method in Creole goat: Reduction of anthelmintic use, and effects on kid production and pasture contamination.
Vet. Parasitol. 146 : 135–147.

MALAN F. S., VAN WYK J. A., 1992
The packed cell volume and colour of the conjunctiva as aids for monitoring *Haemonchus contortus* infestation in sheep.
Proceedings of S. Afr. Vet. Ass. Biennial Nat. Vet. Congr. , Grahamstown.

MALAN F. S., VAN WYK J. A., WESSELS C. D., 2001
Clinical evaluation of anaemia in sheep: early trials.
J. Vet. Res. 61 : 65–174.

MARTIN R. J., 1997
Modes of Action of Anthelmintic Drugs.
Vet. J. 154: 11-34.

- MAURER, T. 2005
Reducing parasite problems in small ruminants.
http://attra.ncat.org/attradigest/ATTRAnews_Jan05.pdf
- MILLER, J., WALLER, P. 2004
Novel approaches to control of parasites – a workshop.
Vet. Parasitol. Amsterdam, Holanda. 125: 59-68.
- MIN B. R., HART S. P., 2003
Tannins for suppression of internal parasites.
J. Anim. Sci., Vol 81 n°14 suppl 2 E102-E109.
- MOLINA J., RUIZ A., FUENTES P., GONZÁLEZ J., MARTÍN S., HERNÁNDEZ Y, 2005
Persistent efficacy of Doramectin against *Haemonchus contortus* in goats.
Vet. Record. 156 : 448-450.
- MORRIS C. A., VLASSOFF A., BISSET S. A., BAKER R. L., WATSON T. G., WEST C. J., WHEELER M., 2000
Continued selection of Romney sheep for resistance of susceptibility to nematode infection: estimates of direct and correlated responses.
Anim. Sci. 70 : 17–27.
- MORRIS C. A., WHEELER M., WATSON T. G., HOSKING B. C., LEATHWICK D. M., 2005
Direct and correlated responses to selection for high or low faecal nematode egg count in Perendale sheep.
Agric. Res. 48 : 1–10.
- MORTENSEN L., WILLIAMSON L., 2003
Evaluation of prevalence and clinical implications of anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of goats.
J. of the American Vet. Med. Ass. 23 : 495-500.
- MYERS, G. 2004
Preliminary observations on the use of the FAMACHA© chart. Goat Producer's Newsletter. University of Kentucky.
<http://www.ukg.edu/AnimalScience/goats/newsletter/faugustseptembernewsletter01704.pdf>
- PAPADOPOULOS E., HIMONAS C., COLES G. C., 2001
Drought and flock isolation may enhance the development of anthelmintic resistance in nematodes.
Vet. Parasitol. 97 : 253–259.
- PEREZ J., GARCÍA P., HERNÁNDEZ S., MOZOS E., CÁMARA S., MARTÍNEZ A., 2003
Experimental *Haemonchosis* in goats of single and multiple infections in the host response.
Vet. Parasitol. 111: 333-342.

PRICHARD R. K., 2005

Is anthelmintic resistance a concern for heartworm control? What can we learn from the human filariasis control programs?

Vet Parasitol. 133:243-53.

QAMAR M. F., MAQBOOL A., KHAN M. S., AHMAD N., MUNEEER M. A., 2011

Epidemiology of Haemonchosis in sheep and Goats under different managemental conditions. Vet. World, 2 : 413-417.

REINEMEYER C., PRINGLE J., 1993

Evaluation of the efficacy and safety of Morantel tartrate in domestic goats.

Vet. Hum. Toxicol. 35 : 57-61.

RIZVI A., MAGREY T., ZIA E., 1999

Clinical epidemiology and chemotherapy of Haemonchosis in goats in Faisalabad, Pakistan.

J. of the Faculty of Vet. Med. 54 : 109- 107.

RILEY D. G., VAN WYK J. A., 2009

Genetic parameters for FAMACHA[®] score and related traits for host resistance/resilience and production at differing severities of worm challenge in a Merino flock in South Africa.

Vet. Parasitol. 164 : 44–52.

ROBERTS J. L., SWAN R. A., 1982

Quantitative studies of ovine haemonchosis : relationship between total worm counts of Haemonchus contortus, haemoglobin values and body weight.

Vet. Parasitol. 9 : 201–209.

SANGSTER N. C., GILL J., 1999

Pharmacology of anthelmintic resistance.

Parasitol. Tod. 15: 141-146.

SANYAL P., 2002

Sustainable control of parasitic gastroenteritis in ruminants in India.

J. of Vet. Parasitol. 16 : 87-94.

SCHOENIAN S., 2003

Integrated parasite management in small ruminant.

Maryland Cooperative Extension. University of Maryland, USA.

<http://www.sheepandgoat.com/articles/1PM.html>

SCHOENIAN S., 2005a

Internal Parasite Control.

Maryland Cooperative Extension. University of Maryland. USA.

<http://www.sheep101.info/parasite.html>

SCHOENIAN S., 2005b

Internal Parasite that affect sheep and goats.

Maryland Cooperative Extension. University of Maryland, USA.

<http://www.sheepandgoat.com/articles/sheepgoatparasites.pdf>

SCHOENIAN S., 2005c

Drugs (Anthelmintics) used to control Internal Parasite in livestock.

Maryland Cooperative Extension. University of Maryland, USA.

<http://www.sheepandgoat.com/articles/antheltable205.pdf>

SHARMA D., CHAUHAN P., AGRAWAL R., 2001

Changes in the levels of serum enzymes and total protein during experimental Haemonchosis in Barbari goats.

Small Rum. Res. 42 : 119-123.

SISSAY M. M., ASEFA A., UGGLA A., WALLER P. J., 2006

Anthelmintic resistance of nematode parasites of small ruminants in eastern Ethiopia: exploitation of refugia to restore anthelmintic efficacy.

Vet. Parasitol. 135 : 337–346.

SRETER T., MOLNAR V., KASSAI T., 1994

The distribution of nematode egg counts and larval counts in grazing sheep and their implications for parasite control.

Int. J. Parasitol. 24 : 103–108.

TERRILL T. H., KAPLAN R. M., LARSEN M., SAMPLES O. M., MILLER J. E., GELAYE S., 2001

Anthelmintic resistance on goat farms in Georgia: efficacy of anthelmintics against gastrointestinal nematodes in two selected goat herds.

Vet. Parasitol. 97 : 261–268.

VALDERRABANO J., DELFA R., URIATE J., 2001

Effect of level of feed intake on the development of gastrointestinal parasitism in growing lambs.

Vet. Parasitol. 104: 327-338.

VAN WYK J. A., 2001

Refugia—overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance.

J. Vet. Res. 68 : 55–67.

VAN WYK J. A., 2002

Principles for the use of macrocyclic lactones to minimise selection for resistance.

Aust. Vet. J. 80 : 437–438.

VAN WYK J. A., 2008

Production trials involving use of the FAMACHA[®] system for haemonchosis in sheep: preliminary results.

J. Vet. Res. 75 : 331–345.

VAN WYK J. A., BATH G. F., 2002

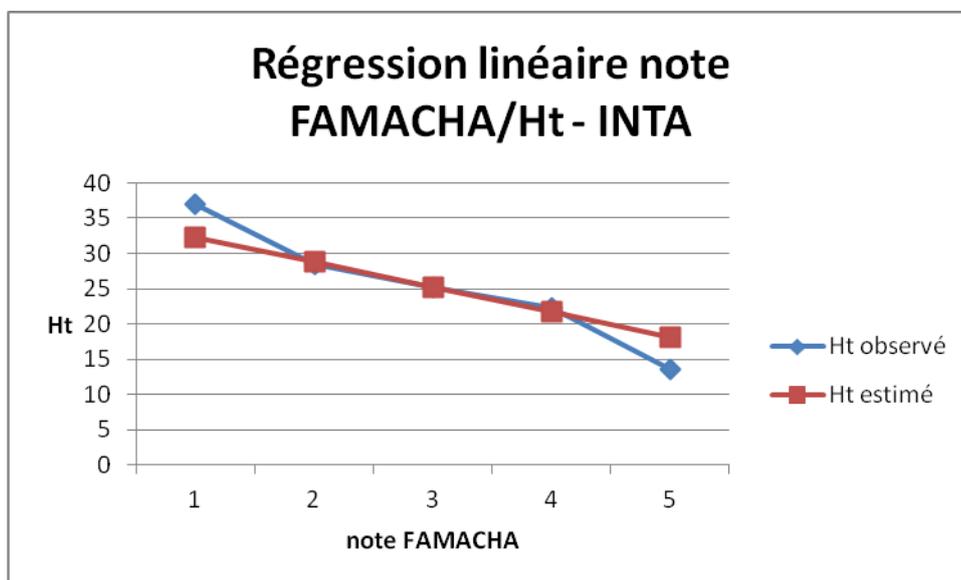
The FAMACHA[®] system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment.

J. Vet. Res. 33 : 509–529.

- VAN WYK J. A., HOSTE H., KAPLAN R. M., BESIÉ R. B., 2006
Targeted selective treatment for worm management—how do we sell rational programs to farmers?
Vet. Parasitol. 139 : 336–346.
- VAN WYK J. A., MALAN F. S., RANGLES J. L., 1997
How long before resistance makes it impossible to control some field strains of *Haemonchus contortus* in South Africa with any of the anthelmintics?
Vet. Parasitol. 70 : 111–122.
- VATTA A. F., LETTY B. A., VAN DER LINDE M. J., VAN WIJK E. F., HANSEN J. W., KRECEK R. C., 2001
Testing for clinical anaemia cause by *Haemonchus* spp. In goats farmed under resource-poor conditions in South Africa using an eye colour chart developed for sheep.
Vet. Parasitol. 99 :1-14.
- VATTA A. F., LINDBERG A. L. E., 2006
Managing anthelmintic resistance in small ruminant livestock of resource-poor farmers in South Africa.
J. S. Afr. Vet. Assoc. 77 : 2–8.
- VERISSIMO C. J., LARA M. A. C., BUENO M. S., EDUARDO A. C., SANTOS L. E., OLIVEIRA S. M., REBOUCAS M. M., SPOSITO-FILHA E., 2002
Susceptibility to gastrointestinal parasite by genetic markers, in meat type ewes and ewe lambs reared in intensive production system.
Proceedings of “XII Congresso Brasileiro de Parasitología Veterinaria”, Rio de Janeiro.
- WALLER P. J., 2003
The future of anthelmintics in sustainable parasite control programs for livestock.
Helm. 40 : 97–102.
- ZAJAC, A. 2002
Controlling goat parasites – is it a losing battle?
Virginia – Maryland Regional College of Veterinary Medicine. USA
http://www.abdn.ac.uk/organic/organic_14d.php
- Sites internet visités :
www.produccion-animal.com.ar
www.capraro.edu.ar
www.senasa.gov.ar
www.parasites-world.com
www.nehu.ac.in
www.instruction.cvhs.okstate.edu
www.sweetdeseret.com
www.agric.wa.gov.au
www.vet-lyon.fr
www.blog.guiaruralargentina.com
www.skyscraperlife.com

ANNEXES

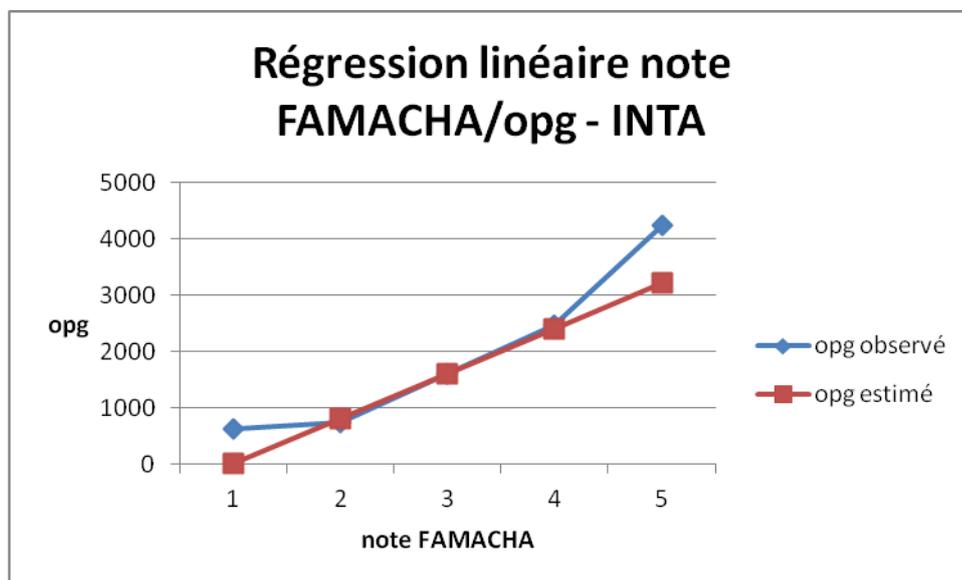
Annexe n°1 : Courbe de régression linéaire théorique et valeurs observées, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'hématocrite (INTA Salta)



	note/Ht
R (coef corrélation)	-0,44296272
R ² (coef détermination)	0,19621597
a (ordonnée à l'origine)	35,8092351
b (pente)	-3,53777985

$y=a+bx$ soit $Ht = 35,81 - 3,54*note$

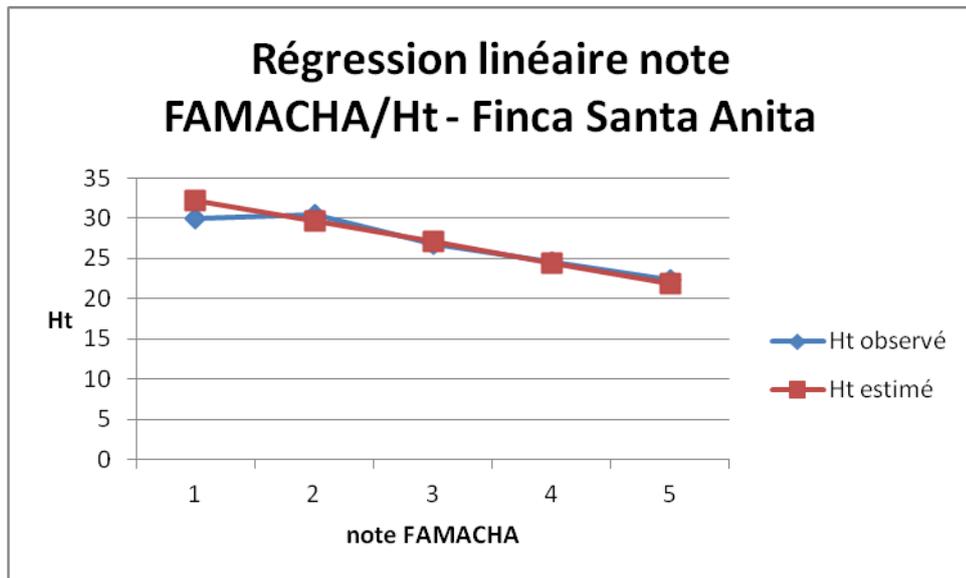
Annexe n°2 : Courbe de régression linéaire théorique et valeurs observées, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'intensité d'excrétion des œufs (opg) (INTA Salta)



	note/opg
R (coef corrélation)	0,219646885
R2 (coef détermination)	0,048244754
a (ordonnée à l'origine)	-789,486825
b (pente)	799,4978964

$y=a+bx$ soit $opg = -789,49 + 799,50*note$

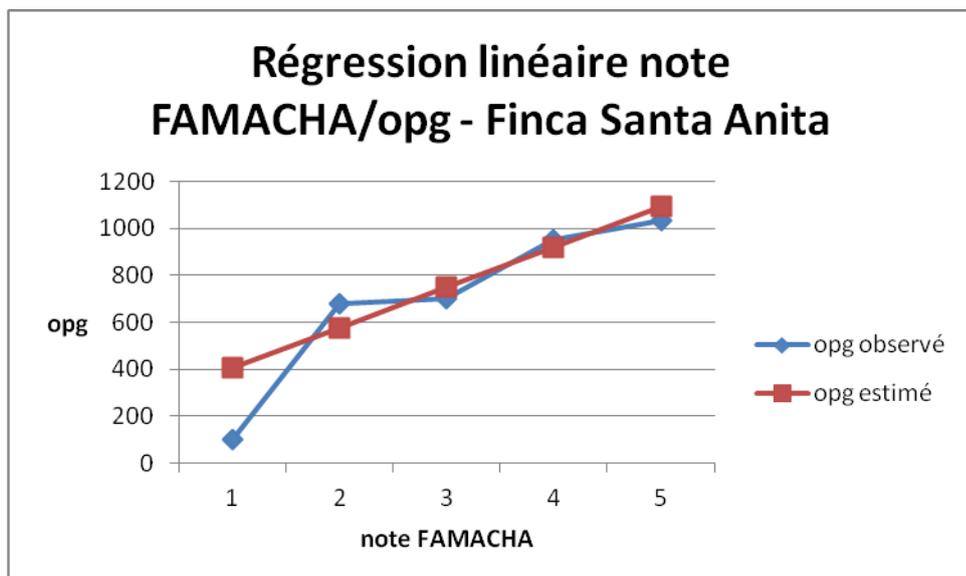
Annexe n°3 : Courbe de régression linéaire théorique et valeurs observées, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'hématocrite (Finca Santa Anita)



	note/Ht
R (coef corrélation)	-0,43574007
R2 (coef détermination)	0,18986941
a (ordonnée à l'origine)	34,7773438
b (pente)	-2,57421875

$y=a+bx$ soit $Ht = 34,78 - 2,54*note$

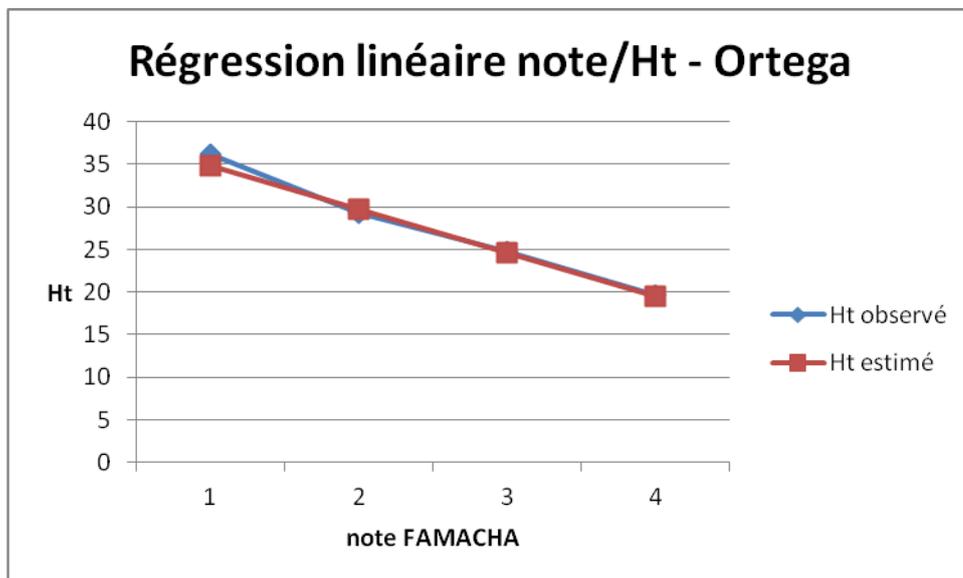
Annexe n°4 : Courbe de régression linéaire théorique et valeurs observées, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'intensité d'excrétion des œufs (opg) (Finca Santa Anita)



	note/opg
R (coef corrélation)	0,13247262
R2 (coef détermination)	0,017549
a (ordonnée à l'origine)	235,156005
b (pente)	171,286387

$$y=a+bx \text{ soit } \text{opg} = 235,16 + 171,29*\text{note}$$

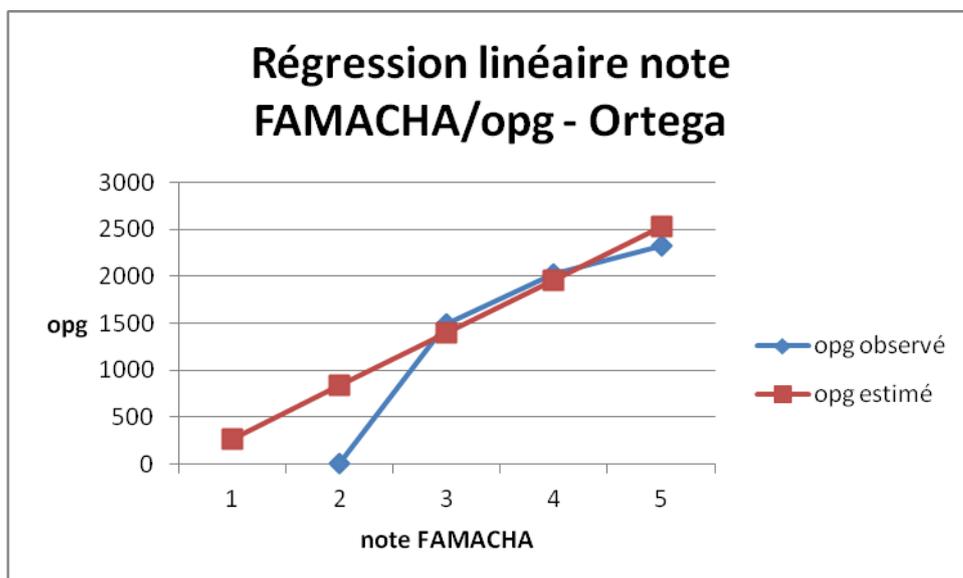
Annexe n°5 : Courbe de régression linéaire théorique et valeurs observées, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'hématocrite (Ortega)



	note/Ht
R (coef corrélation)	-0,68925783
R2 (coef détermination)	0,47507636
a (ordonnée à l'origine)	44,9297318
b (pente)	-5,083578

$$y=a+bx \text{ soit } \text{Ht} = 44,93 - 5,08*\text{note}$$

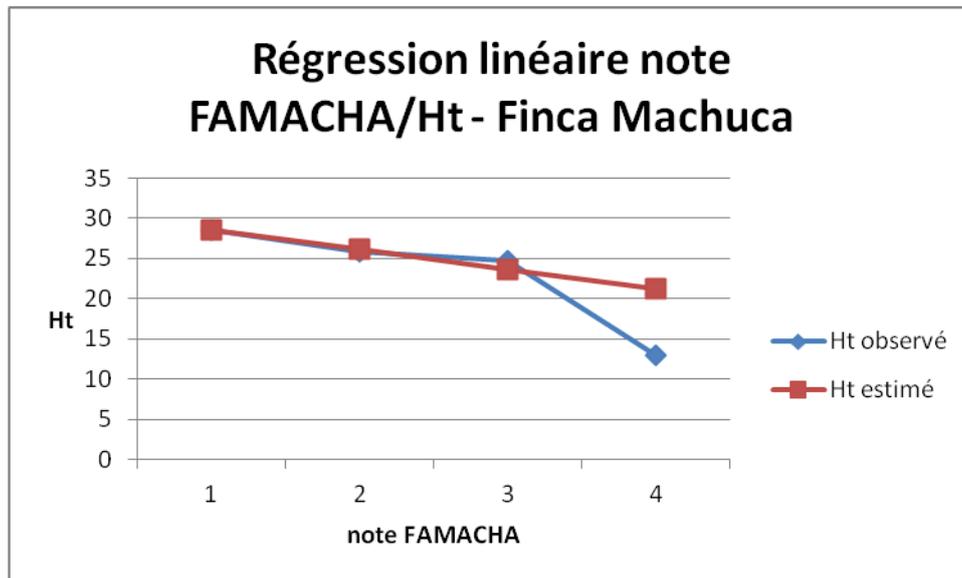
Annexe n°6 : Courbe de régression linéaire théorique et valeurs observées, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'intensité d'excrétion des œufs (opg) (Ortega)



	note/opg
R (coef corrélation)	0,24527617
R2 (coef détermination)	0,0601604
a (ordonnée à l'origine)	-294,708075
b (pente)	563,931677

$y=a+bx$ soit $opg = -294,71 + 563,93*note$

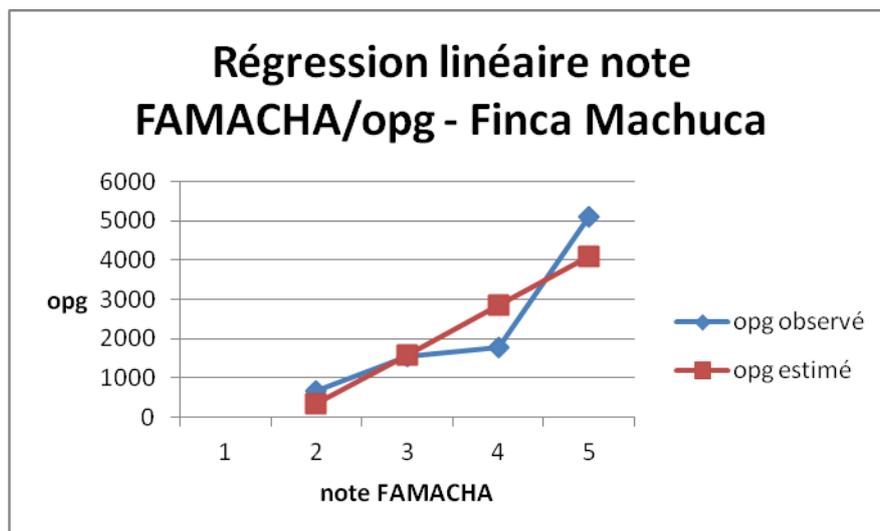
Annexe n°7 : Courbe de régression linéaire théorique et valeurs observées, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'hématocrite (Finca Machuca)



	note/Ht
R (coef corrélation)	-0,35881825
R2 (coef détermination)	0,12875054
a (ordonnée à l'origine)	33,4855491
b (pente)	-2,45520231

$y=a+bx$ soit $Ht = 33,49 - 2,46 * \text{note}$

Annexe n°8 : Courbe de régression linéaire théorique et valeurs observées, avec les coefficients associés, entre la note FAMACHA et l'intensité d'excrétion des œufs (opg) (Finca Machuca)



	note/opg
R (coef corrélation)	0,36327128
R2 (coef détermination)	0,13196602
a (ordonnée à l'origine)	-2168,09249
b (pente)	1252,58671

$y=a+bx$ soit $opg = -2168,09 + 1252,59*note$