

# Sélection de reproducteurs ovins mâles résistants aux nématodes gastro-intestinaux dans La Pampa, Argentine

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

*présentée et soutenue publiquement en 2007  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**Ramona GUTIERREZ**

Née le 27 Juillet 1984 à NOUMEA (Nouvelle-Calédonie)

---

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

---

## JURY

PRESIDENT :  
**M. Alexis VALENTIN**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :  
**M. Philippe JACQUIET**  
**M. Philippe DORCHIES**

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

# REMERCIEMENTS

## A mon jury de thèse

*A Monsieur le Professeur Alexis VALENTIN,*

Professeur des Universités,  
Praticien hospitalier,  
Zoologie – Parasitologie,  
Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse.  
Qu'il soit assuré de ma gratitude.

*A Monsieur le Docteur Philippe JACQUIET,*

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
Parasitologie et Maladies Parasitaires,  
Grâce à qui j'ai pu vivre une expérience inoubliable en Argentine,  
Et qui a bien voulu accepter de diriger ma thèse.  
Mille mercis.

*A Monsieur le Professeur Philippe DORCHIES,*

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
Parasitologie et Maladies Parasitaires,  
Qui a bien voulu participer à mon jury de thèse.  
Merci.

## A mon maître de stage

*Le Docteur Victor Humberto SUAREZ*

Coordinateur de l'Unité de Santé Animale de l'INTA Anguil (La Pampa, Argentine).  
Por permitirme trabajar en la URISA,  
Por invitarme a comer mi primer asado de cordero en su casa,  
Por ayudarme tanto,  
Gracias por todo!

*Et à sa femme Sandra*

Por recibirme de manera tan linda,  
Por cuidarme,  
Por hacerme probar los helados de dulce de leche,  
Gracias!

### **Aux membres de l'URISA de l'INTA Anguil**

*Silvina*, por su ayuda en el trabajo.  
*Francisco*, por su ayuda en entender el "Wonderful World of Statistics".  
*Olga*, por cuidarme tanto desde el primer día en que nos conocimos.  
*Jorge Gabela*, por cuidarme tanto desde el principio.  
*Carina*, por su sonrisa y por enseñarme el maravilloso arte de preparar y leer los hpg.  
*Lumi y Vale*, por las risas increíbles que me dieron!  
*Moni*, por estar tan loca como yo, y por haberme ayudado tanto.  
*Ines*, por cantar conmigo en el karaoke en mi despedida!  
*Marita*, por ser como es, por sus bromas, sus risas, y sus enojos.  
*Ariel*, por las risas que me dio sin darse cuenta!  
*Daniel*, por haberme perdonado la traducción del "enano maldito que toca el bombo".  
*Hugo*, por darme tanta risa en mi despedida.  
*Marcelo*, por intentar entender el francés en el video que hice en las oficinas!

### **A mes amis du comedor de l'INTA Anguil**

*Carlitos*, por el regalito que me hizo al despedirme, y por ser tan bueno y tan lindo conmigo.  
*Pelado*, por su regalito, por ser tan bueno y por venir a mi casa para despedirse de mí.  
*Hugo*, por ser un personaje tan "particular"!  
*Nelson*, por ser tan bueno, y por estar, simplemente.

### **A ma famille adoptive de Santa Rosa**

*Carlitos*, por recibirnos en su casa como si fuéramos de la familia, por luchar tanto por la vida, por tener a una mujer tan excepcional y por haber criado a dos personas maravillosas.  
*Chela*, por integrarnos a su familia, por ser como es, por sus bromas, por sus risas, por cuidarme así, por ser como una madre para mí.  
*Clari*, por ser tan buena, por cuidarme tanto, por parecerse a un angelito mandado del cielo para cuidar a todos en la Tierra, por todo.  
*Fede*, por ser como un hermano, por las risas y las jodas con el Angel, por ser tan sencillo, por ser uno de los primeros que hicieron que Lorenzo se sintió bien en Argentina.

## **A ces gens qui comptent...**

### *A mes parents*

Par qui tout a commencé,  
Pour être si « ouverts »,  
Pour m'avoir menée jusqu'ici,  
Pour m'avoir toujours fait confiance,  
Pour m'avoir permis de construire ma route,  
Pour leur amour,  
Merci pour tout.

### *A mes soeurs*

### *A Laurent*

Pour son soutien en toutes circonstances,  
Pour sa sensibilité, sa générosité et sa tolérance,  
Pour son escapade en Argentine avec moi,  
Pour sa capacité à supporter mes « coups de barre »,  
Pour sa présence,  
Pour son amour,  
Pour la petite boule qu'il fait monter dans ma gorge au moment où j'écris ces mots,  
Merci.

### *Et à ses parents*

Pour leur accueil au sein de leur petite famille,  
Pour m'avoir pardonné de leur « voler » leur fils,  
Pour leur générosité et toutes leurs petites attentions,  
Merci.

## **Et aux autres...**

### *A Stéphane BERTAGNOLI,*

Pour son aide, son soutien, ses conseils précieux dans les moments « flous ».

### *Aux bibliothécaires de l'ENVT,*

Pour leur disponibilité, leur gentillesse et leur motivation.

**Et aux autres autres ☺...**

*A mes ex-colocs (Clément, Nico, Sébi, Ubin),*

*A l'ex-groupe 10 forever (Chacha, ChtitMod, Isa, Gustave),*

*A l'ex-Miramar (Flunchy, GG, Thomas, Bibi),*

*A l'ex-Joe Bar (Pauline, Yann, Gus, Claudie, Ubble, Alfa),*

*A la Marsoufl' (Marie-Anne, Aurélie, Sucrette, Caro),*

*A mon cousin Muko,*

*A mes colocs de Montpellier (Matthieu, Amaia, Mariela),*

*A mes amis du CES-CEAV (Marion, Mag, Lise, Fanny, Ivan, Val, Aurélie, Simon, Alhadji,  
Pillot, Mohadji, Jean-Marc, Bachir, Denis, Simeon, et tous les autres !),*

*A mes colocs actuels (Jean-Seb, Nico, Etienne, Tanguy, Marco),*

*Et leurs chéries (Chloé et Claire),*

*A Myri, R.K., Alice, Manue, Guillaume-Pierre, Adrien, Alex F., et plein d'autres gens que  
j'oublie (désolée) !*

Pas pour ma thèse bien sûr mais pour tous les moments débiles qu'on a eus ensemble,  
Que ce soit à l'Ecole, en boum, en rando, en WE tartiflette orientale,  
En maison, en groupe 10, en préchauffe à St-Sim, en crémaillère, en décrémaillère,  
En gîte, en soirée barbecue, en soirée épidémio à Alfort, en plein milieu d'une vigne,  
Par téléphone, par mail (groupé ou pas), par MSN, par Skype, ou par Facebook,  
Pour tous ces moments géniaux où tous ensemble, on a posé le cerveau,  
Et parce que vous allez tous me manquer !  
WOUHOU !! Et MERCI !

# TABLE DES MATIERES

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>14</b>
<b>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>16</b>
<b>1. L'ÉLEVAGE OVIN EN ARGENTINE.....</b>	<b>16</b>
1.1. LES QUATRE GRANDES RÉGIONS D'ÉLEVAGE .....	16
1.2. ORIENTATION DE LA PRODUCTION OVINE .....	16
1.3. LA « CRISE » OVINE .....	17
1.4. TROUVER DES SOLUTIONS À CETTE CRISE : UN EXEMPLE, LA RACE PAMPINTA .....	18
1.5. DEPUIS LA CRISE : LA REMONTÉE.....	19
<b>2. LES STRONGYLOSES GASTRO-INTESTINALES DES OVINS .....</b>	<b>20</b>
2.1. SCHÉMA D'INFESTATION PARASITAIRE .....	20
2.2. COMPOSITION DE LA COMMUNAUTÉ PARASITAIRE.....	21
2.2.1. <i>Haemonchus contortus</i> et l' <i>haemonchose</i> ovine .....	22
2.2.2. <i>Trichostrongylus colubriformis</i> et la <i>trichostrongylose</i> ovine.....	22
<b>3. LES ANTHELMINTHIQUES UTILISÉS EN ARGENTINE.....</b>	<b>22</b>
3.1. LES LACTONES MACROCYCLIQUES.....	23
3.2. LES BENZIMIDAZOLÉS.....	24
3.3. LES IMIDAZOTHIAZOLES .....	26
<b>4. LE PROBLÈME DE LA RÉSISTANCE AUX ANTHELMINTHIQUES.....</b>	<b>26</b>
4.1. RÉSISTANCE : GÉNÉRALITÉS .....	26
4.2. L'AMPLEUR DU PROBLÈME DE LA RÉSISTANCE AUX ANTHELMINTHIQUES EN ARGENTINE.....	27
4.3. LES MÉTHODES ALTERNATIVES PROPOSÉES .....	27
4.3.1. <i>Meilleure utilisation des antiparasitaires</i> .....	27
4.3.1.1. L'utilisation de la technique FAMACHA© .....	28
4.3.1.2. L'alternance des différentes familles de molécules disponibles .....	29
4.3.1.3. Le remplacement des produits disponibles par d'autres molécules .....	30
4.3.1.4. L'association des molécules disponibles avec d'autres produits .....	30
4.3.2. <i>Gestion raisonnée des pâturages</i> .....	30
4.3.2.1. Pâturage mixte alterné .....	30
4.3.2.2. Le pâturage alterné avec un seul type d'hôte.....	31

4.3.2.3.	Mise au repos des pâtures après passage des animaux .....	31
4.3.3.	<i>Les champignons nématophages</i> .....	31
4.3.4.	<i>La supplémentation nutritionnelle</i> .....	32
4.3.4.1.	Supplémentation en protéines.....	32
4.3.4.2.	Utilisation de tannins condensés.....	33
4.3.5.	<i>La vaccination</i> .....	33
<b>5.</b>	<b>LA RÉSISTANCE GÉNÉTIQUE DES ANIMAUX AUX PARASITES.....</b>	<b>33</b>
5.1.	RÉSISTANCE ET RÉSILIENCE .....	34
5.2.	LES BASES DE LA RÉSISTANCE .....	34
5.3.	LES OUTILS DE SÉLECTION .....	35
5.3.1.	<i>L'intensité de l'excrétion fécale des œufs de parasites</i> .....	35
5.3.2.	<i>L'intensité de la réponse immunitaire</i> .....	36
5.4.	AVENIR DE LA SÉLECTION : LES QUANTITATIVE TRAIT LOCI (QTL).....	36
5.5.	LA SÉLECTION D'ANIMAUX RÉSISTANTS .....	38
5.5.1.	<i>Sélection d'une race résistante</i> .....	38
5.5.2.	<i>Sélection au sein d'une même race</i> .....	38
5.6.	INTÉRÊTS ET LIMITES DE LA SÉLECTION D'ANIMAUX RÉSISTANTS.....	38
5.6.1.	<i>Intérêts de la sélection génétique</i> .....	38
5.6.2.	<i>Limites et risques de la sélection génétique</i> .....	40
5.6.2.1.	Résistance et fertilité .....	40
5.6.2.2.	Adaptation des parasites .....	40
 <b>DEUXIEME PARTIE : SELECTION DE REPRODUCTEURS RESISTANTS AUX NEMATODES</b>		
<b>GASTRO-INTESTINAUX A L'EEA INTA ANGUIL, LA PAMPA, ARGENTINE .....</b>		
<b>41</b>		
<b>1.</b>	<b>OBJECTIFS.....</b>	<b>41</b>
<b>2.</b>	<b>MATÉRIELS ET MÉTHODES.....</b>	<b>41</b>
2.1.	ECHANTILLONNAGE DES INDIVIDUS.....	41
2.2.	ANIMAUX .....	41
2.3.	PRÉLÈVEMENTS .....	42
2.4.	TRAVAIL DE LABORATOIRE.....	43
2.4.1.	<i>Technique de Mc Master modifiée</i> .....	43
2.4.2.	<i>Coprocultures</i> .....	44
2.4.2.1.	Réalisation.....	44
2.4.2.2.	Technique de Baermann .....	44
2.5.	ANALYSE DES RÉSULTATS .....	45
<b>3.</b>	<b>DONNÉES MANQUANTES .....</b>	<b>45</b>
<b>4.</b>	<b>RÉSULTATS .....</b>	<b>46</b>
4.1.	NIVEAU D'INFESTATION.....	46
4.2.	DISTRIBUTION DES VALEURS D'OPG OBTENUES PAR PÈRE .....	47

4.2.1.	<i>Au 26 décembre 2006</i> .....	47
4.2.2.	<i>Au 28 février 2007</i> .....	47
4.2.3.	<i>Au 7 mars 2007</i> .....	48
4.2.4.	<i>Au 25 mars 2007</i> .....	48
4.2.5.	<i>Moyenne sur tous les prélèvements</i> .....	49
4.3.	CORRÉLATIONS ENTRE LES DIFFÉRENTS PRÉLÈVEMENTS .....	49
4.3.1.	<i>Entre le premier et le deuxième prélèvement</i> .....	49
4.3.2.	<i>Entre le deuxième et le troisième prélèvement</i> .....	50
4.3.3.	<i>Entre le troisième et le dernier prélèvement</i> .....	50
4.4.	ANALYSE DE VARIANCES .....	51
4.4.1.	<i>Effets du sexe, du poids au sevrage, et du groupe de pâturage</i> .....	51
4.4.2.	<i>Effet de la taille de la portée</i> .....	51
4.4.3.	<i>Effet de l'âge</i> .....	51
4.4.4.	<i>Effet père (apport génétique)</i> .....	51
4.5.	COPROCULTURES.....	52
<b>5.</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	<b>53</b>
5.1.	NIVEAU D'INFESTATION.....	53
5.2.	CORRÉLATION ENTRE LES DIFFÉRENTS PRÉLÈVEMENTS .....	54
5.3.	EFFETS DE LA TAILLE DE LA PORTÉE ET DE L'ÂGE.....	54
5.4.	REMARQUE SUR LA CATÉGORISATION EFFECTUÉE SUR LES VARIABLES POIDS ET ÂGE .....	55
5.5.	EFFET PÈRE.....	55
5.5.1.	<i>Au 7 mars 2007</i> .....	55
5.5.2.	<i>Pour toutes les dates</i> .....	55
5.5.3.	<i>Qu'en penser ?</i> .....	55
5.6.	COPROCULTURES.....	56
<b>6.</b>	<b>PERSPECTIVES</b> .....	<b>56</b>
6.1.	CRÉATION D'UNE LIGNÉE D'OVINS PAMPINTA RÉSISTANTE .....	57
6.2.	RECHERCHE DE QTL .....	57
	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>58</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>59</b>
	<b>ANNEXE: LOI 25.422 DE LA RÉPUBLIQUE ARGENTINE POUR "LA RÉCUPÉRATION DE L'ACTIVITÉ OVINE</b> .....	<b>65</b>



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : CARTE DE L' ARGENTINE. (SOURCE : DIVISION GÉOGRAPHIQUE (DIRECTION DES ARCHIVES) DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES © AVRIL 2000) .....	15
FIGURE 2 : ÉVOLUTION DU CHEPTEL OVIN ARGENTIN (EN MILLIONS DE TÊTES). SOURCE : INDEC (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA) ET FLA (FEDERACION LANERA ARGENTINA). .....	17
FIGURE 3 : ÉVOLUTION PROPORTIONNELLE DU CHEPTEL OVIN DANS 3 PAYS. SOURCE : INDEC ET FLA.....	18
FIGURE 4 : ÉVOLUTION DU CHEPTEL OVIN ARGENTIN (EN MILLIERS DE TÊTES) DE 1988 À 2006. SOURCES : (1)INDEC, (2)ENQUÊTE NATIONALE AGRICOLE SAGPYA ET INDEC, (3)ESTIMATIONS INDEC.....	19
FIGURE 5 : SCHÉMA ANNUEL D' INFESTATION PARASITAIRE SUR OVINS NON TRAITÉS (D' APRÈS VLASSOF, 1982)..	20
FIGURE 6 : CHARGES PARASITAIRES ET OPG CHEZ DE JEUNES OVINS, DANS LA PAMPA, ARGENTINE. SOURCE : SUAREZ, 1997. ....	21
FIGURE 7 : SUPERPOSITION DES MOLÉCULES D' AVERMECTINE ET DE MILBÉMYCINE. LES MOLÉCULES REPRÉSENTÉES ICI SONT L' AVERMECTINE B <sub>1A</sub> ET LA MILBÉMYCINE D. LA MOLÉCULE D' AVERMECTINE DIFFÈRE PAR LA PRÉSENCE D' UN GROUPEMENT DISACCHARIDE. SOURCE : SHOOP ET AL, 1995. ....	23
FIGURE 8 : STRUCTURE BIOCHIMIQUE DES PRINCIPAUX BENZIMIDAZOLÉS. D' APRÈS TOWNSEND ET AL., 1990) .....	25
FIGURE 9 : STRUCTURE DU LÉVAMISOLE. SOURCE : MARTIN, 1997.....	26
FIGURE 10 : TECHNIQUE FAMACHA®. SOURCE : <a href="http://www.capraispansa.com/destacados/famacha/famacha.htm">HTTP://WWW.CAPRAISPANA.COM/DESTACADOS/FAMACHA/FAMACHA.HTM</a> , CONSULTÉE LE 16 OCTOBRE 2007.....	28
FIGURE 11 :DUDDINGTONIA FLAGRANS EMPRISONNANT UNE LARVE DE NÉMATODE.SOURCE : CSIRO. ....	32
FIGURE 12 : COMPARAISON DE LA COMPOSITION SPÉCIFIQUE D' UNE COMMUNAUTÉ DE NÉMATODES ADULTES AVEC LA QUANTITÉ D' ŒUFS CORRESPONDANTE. SOURCE : ANNE SILVESTRE, PRÉSENTATION FORMATION CEAV PARC 2006-2007.....	35
FIGURE 13 : EFFETS PRÉDICTIONNELS DE LA MISE AU PÂTURAGE D' OVINS RÉSISTANTS SUR LE NOMBRE DE PARASITES SUR PÂTURE ET ANIMAUX, COMPARÉS À UN TROUPEAU NORMAL. LES ANIMAUX DITS RÉSISTANTS NE PERMETTENT L' ÉTABLISSEMENT QUE DE 50% DES LARVES INGÉRÉES. SOURCE : MCEWAN, 1994.....	39
FIGURE 14 : LAME DE MC MASTER MODIFIÉE PAR ROBERTS ET O' SULLIVAN, 1949. SOURCE : SUAREZ, 1997. ....	43
FIGURE 15 : APPAREIL DE BAERMANN.....	44
FIGURE 16 : EXCRÉTION D' ŒUFS (OPG) CHEZ LES ANIMAUX DEPUIS LEUR SEVRAGE (DÉBUT NOVEMBRE 2006) JUSQU' AU DERNIER PRÉLÈVEMENT GÉNÉRAL (25 AVRIL 2007).....	46
FIGURE 17 : DISTRIBUTION DES VALEURS D' OPG OBTENUES PAR PÈRE AU 26/12/06. ....	47
FIGURE 18 : DISTRIBUTION DES VALEURS D' OPG OBTENUES PAR PÈRE AU 28/02/07. ....	47
FIGURE 19 : DISTRIBUTION DES VALEURS D' OPG OBTENUES PAR PÈRE AU 7/03/07.....	48
FIGURE 20 : DISTRIBUTION DES VALEURS D' OPG OBTENUES PAR PÈRE AU 25/04/07.....	48
FIGURE 21 : DISTRIBUTION DES VALEURS MOYENNES D' OPG OBTENUES PAR PÈRE. ....	49
FIGURE 22 : CORRÉLATION ENTRE LES VALEURS D' OPG OBTENUES AU 26/12/06 ET AU 28/02/07. ....	49
FIGURE 23 : CORRÉLATION ENTRE LES VALEURS D' OPG OBTENUES AU 28/02/07 ET AU 7/03/07. ....	50

FIGURE 24 : CORRÉLATION ENTRE LES VALEURS D'OPG OBTENUES AU 7/03/07 ET AU 25/04/07. ....	50
FIGURE 25 : CORRÉLATION ENTRE LES VALEURS MOYENNES D'OPG OBTENUES PAR PÈRE POUR TOUS LES PRÉLÈVEMENTS ET POUR LE PRÉLÈVEMENT DU 7/03/07.....	52
FIGURE 26 : PLUVIOMÉTRIE SUR LA STATION EXPÉRIMENTALE EEA INTA ANGUIL DE SEPTEMBRE 2006 À MAI 2007, ET MOYENNES DE PLUVIOMÉTRIE DES 30 DERNIÈRES ANNÉES. ....	53
TABLEAU 1 : LOCALISATION DES DIFFÉRENTS QTL DÉCRITS CHEZ LES OVINS, POUR DIFFÉRENTS CARACTÈRES QUANTITATIFS RELATIFS À LA RÉSISTANCE DE L'HÔTE AUX INFESTATIONS PARASITAIRES (D'APRÈS BISHOP ET MORRIS, 2007). ....	37
TABLEAU 2 : NOMBRE DE DESCENDANTS PAR PÈRE. ....	42
TABLEAU 3 : MOYENNES DES VALEURS D'OPG OBTENUES POUR TOUS LES ANIMAUX À CHAQUE DATE DE PRÉLÈVEMENT. ....	46
TABLEAU 4 : NIVEAUX MOYENS D'INFESTATION DE LA DESCENDANCE DES PÈRES À PROGÉNITURE HAUTEMENT ET FAIBLEMENT PARASITÉE, AU 7 MARS 2007. ....	51
TABLEAU 5 : NIVEAUX MOYENS D'INFESTATION DE LA DESCENDANCE DES PÈRES À PROGÉNITURE HAUTEMENT ET FAIBLEMENT PARASITÉE, POUR TOUTES LES DATES DE PRÉLÈVEMENTS.....	52
TABLEAU 6 : RÉSULTATS DES COPROCULTURES EN POURCENTAGES DE GENRES DE NÉMATODES TROUVÉS.....	53

## INTRODUCTION

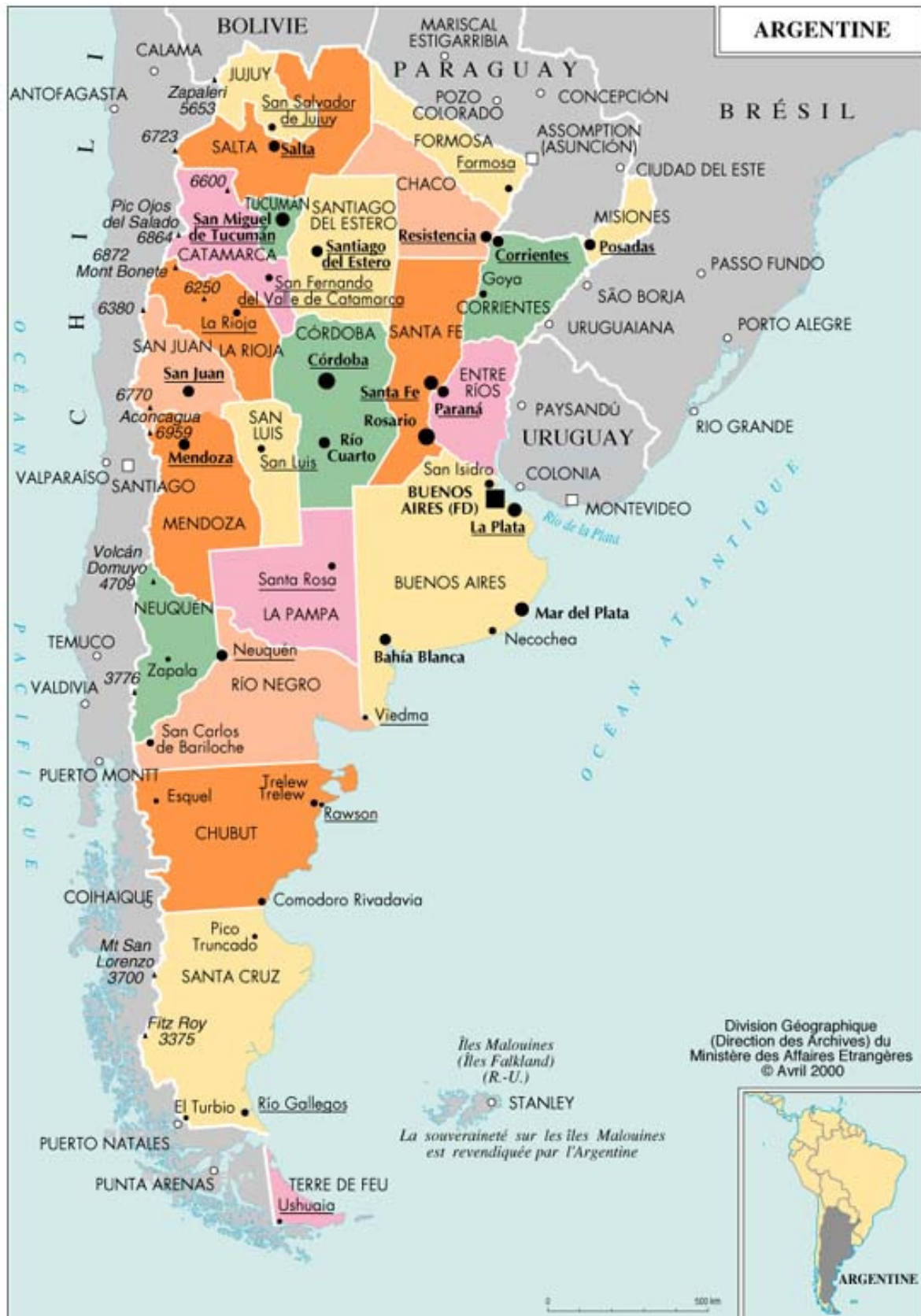
Les nématodes gastro-intestinaux constituent depuis longtemps une lourde menace pour l'élevage de ruminants. Grâce à la commercialisation de molécules anthelminthiques efficaces et à large spectre, telles que l'ivermectine, les éleveurs ont pu limiter les pertes de production liées aux infestations parasitaires. Depuis plusieurs années cependant, sont apparus des problèmes de résistances des nématodes gastro-intestinaux aux molécules les plus communément utilisées.

La résistance des nématodes gastro-intestinaux aux anthelminthiques est en constante progression, notamment chez les petits ruminants. La situation est particulièrement préoccupante en Argentine où le système d'élevage est principalement extensif au pâturage et où aucun contrôle professionnel n'est effectué sur l'utilisation des antiparasitaires.

Afin de pallier ce problème, de nombreuses alternatives ont été envisagées : utilisation raisonnée des molécules disponibles, gestion raisonnée des pâturages, utilisation de champignons nématophages, supplémentation nutritionnelle, vaccination et autres. Mais la possibilité de sélectionner des individus génétiquement résistants aux infestations parasitaires, afin de créer des lignées résistantes, représente actuellement un espoir important pour les éleveurs d'ovins. C'est précisément le sujet de cette thèse, qui rapporte le travail de sélection effectué en 2006-2007 à l'Institut National de Technologie Agricole (INTA) de La Pampa, en Argentine.

Après avoir décrit le système d'élevage ovin, les parasites et les molécules anthelminthiques utilisées en Argentine, nous aborderons ici le problème de la résistance aux anthelminthiques ainsi que les solutions qui existent pour le contourner, notamment la sélection génétique d'individus résistants. Cette synthèse bibliographique introduira ainsi la présentation des travaux de sélection de reproducteurs ovins mâles réalisés à l'INTA de La Pampa, Argentine.

**Figure 1 : Carte de l'Argentine.** (Source : Division Géographique (Direction des Archives) du Ministère des Affaires Etrangères © Avril 2000)



# **PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **1. L'élevage ovin en Argentine**

### **1.1. Les quatre grandes régions d'élevage**

L'Argentine compte près de 15 millions d'ovins, servant à la production de laine, de viande, de cuirs et de lait. Les deux races principalement exploitées sont le Mérinos (45% du cheptel national), et le Corriedale (38%). On distingue quatre grandes régions, en fonction du nombre d'animaux : la Patagonie, la Pampa Humide (est et nord-est de la province de Buenos Aires), le Nord-Ouest Argentin (NOA) et le littoral, ordonnées de la plus importante à la moins importante (Duhart, 2007).

La Patagonie compte le plus grand nombre d'ovins (environ 60% du cheptel national) en raison de ses particularités écologiques et climatiques (steppe) qui empêchent le développement d'autres activités à grande échelle.

La Pampa Humide hébergeait la moitié du cheptel national jusque dans les années 1960, durant lesquelles la production bovine a peu à peu pris le dessus. En outre, le problème du vol fréquent d'animaux dans certaines régions a contribué au découragement des éleveurs de poursuivre l'activité ovine. Les mêmes éléments expliquent la faible population ovine du littoral.

Le cas du NOA est totalement différent. Les provinces de Salta et Jujuy maintiennent une tradition de bergers qui élèvent ensemble moutons et chèvres pour subvenir aux besoins de leur famille. Ils se servent également des productions de leurs bêtes (cuirs, laine) pour la fabrication et la vente de divers produits artisanaux. On trouve dans cette région une majorité d'ovins de race non définie mais communément appelée « criolla », adaptée au climat de la Puna, altiplano de la pré-cordillère des Andes, depuis l'époque coloniale.

### **1.2. Orientation de la production ovine**

L'activité ovine argentine vise traditionnellement la production de laine, la viande n'étant considérée que comme un sous-produit. L'Argentine se place comme le cinquième producteur mondial de laine, ses principaux concurrents étant l'Australie, la Nouvelle-Zélande, l'Afrique du Sud et l'Uruguay (Mueller, 2007). Elle compte 72 000 tonnes de laine produites par an dont 93% sont exportées. Les exportations de laine et dérivés rapportent environ 170 millions de dollars US au pays. Les laines produites sont classées en trois catégories suivant le diamètre de la fibre (données FLA: Federacion Lanera Argentina) :

- fibre fine (diamètre inférieur à 25 microns) : 50% de la production totale de laine,
- fibre moyenne (entre 25 et 29,2 microns) : 44%,
- fibre épaisse (supérieur à 29,2 microns) : 5%.

La production de viande ovine en 2006 a été de 83 786 tonnes, provenant de l'abattage de 4 474 185 têtes selon les statistiques du Secrétariat de l'Agriculture, l'Élevage, la Pêche et les Aliments (SAGPyA). La région Patagonique au sud du parallèle 42 étant la seule considérée indemne de fièvre aphteuse, elle est également la seule habilitée à exporter vers la

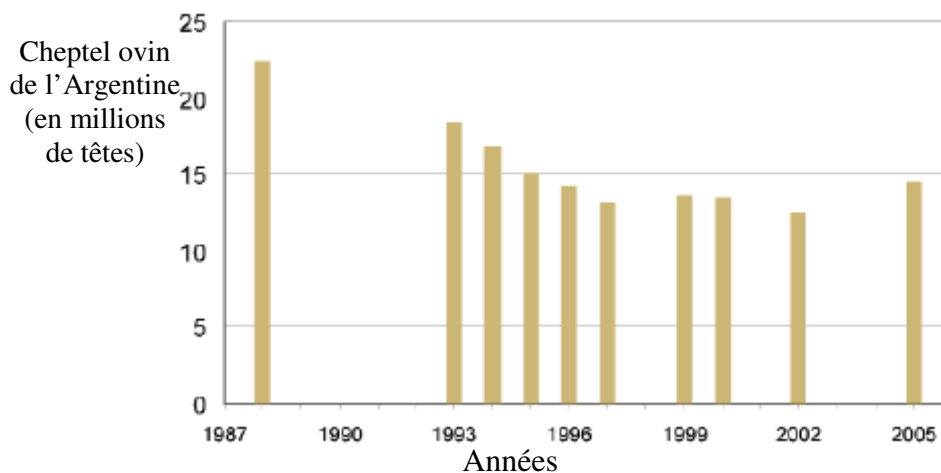
Communauté Economique Européenne (CEE), principalement de la viande d'agneau, l'Espagne représentant l'importateur principal.

Les productions de cuirs et de lait sont encore en proportions négligeables par rapport aux productions de laine et de viande.

### 1.3. La « crise » ovine

L'Argentine a connu une crise importante de la production ovine dans les années 1990 qui s'est traduite par une réduction notable du cheptel ovine, comme l'illustre la figure suivante.

**Figure 2 :** Evolution du cheptel ovine argentin (en millions de têtes). Source : INDEC (Instituto Nacional De Estadística y Censos de la Republica Argentina) et FLA (Federacion Lanera Argentina).

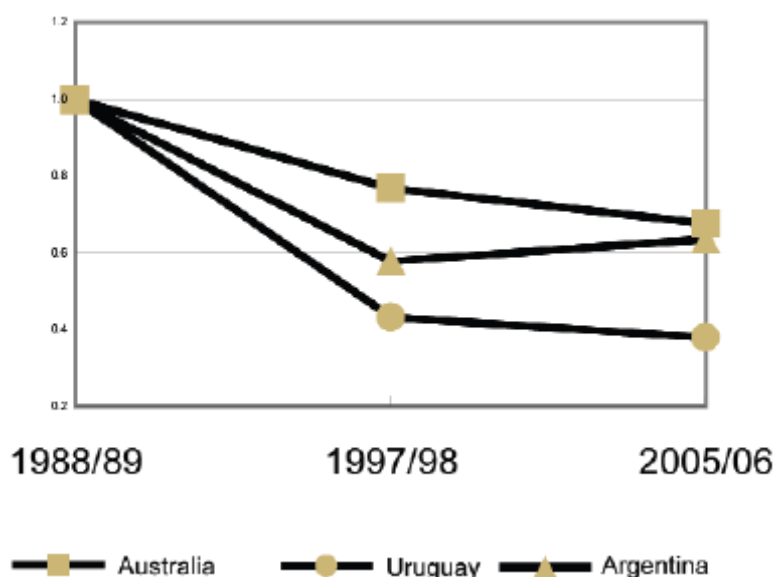


Cette crise a été provoquée par divers éléments, le principal étant la chute brutale des prix internationaux de la laine, suite à l'effondrement du système de prix de soutien mis en place par l'Australie jusqu'en 1989. D'autres facteurs ont également participé à cette crise (Mueller, 2007) :

- le développement d'activités agricoles plus rentables, telles que la culture du soja, qui a conduit à la diminution de l'activité ovine notamment dans la Pampa Humide ;
- le cours du peso, alors égal au dollar US, et donc défavorable aux exportations ;
- les conséquences du processus de désertification de la Patagonie, accentué par des périodes de sécheresse et d'enneigement intenses (1994 et 1995), qui furent à l'origine de nombreuses mortalités d'animaux ;
- l'éruption du volcan Hudson (1991) avec le recouvrement d'une grande partie du nord de Santa Cruz par les cendres éjectées par le volcan.

L'Argentine n'a pas été le seul pays à voir son cheptel ovine diminuer ainsi : ses principaux concurrents sur le marché de la laine fine (Australie) et sur le marché de la laine moyenne (Uruguay) en ont également souffert. La figure ci-dessous illustre ce phénomène.

*Figure 3 : Evolution proportionnelle du cheptel ovin dans 3 pays. Source : INDEC et FLA.*



#### **1.4. Trouver des solutions à cette crise : un exemple, la race Pampinta**

Bien que cette situation de crise soit le résultat de nombreux changements structureaux différents, des changements dans l'activité même des éleveurs concernés étaient nécessaires. Le pays s'orienta alors vers la diversification des élevages, par la recherche de solutions alternatives de production, en vue de faire face à cette dégradation progressive (Suarez et Busetti, 1999).

Dans ce sens a été réalisée une étude économique concernant, dans un premier lieu, la production d'agneaux, en considérant que cette production ne nécessitait pas d'investissement important dans la mesure où elle pouvait exploiter l'infrastructure existante des établissements.

La production de lait d'ovin et l'élaboration de fromage de brebis fut la seconde alternative non traditionnelle proposée. Bien que nécessitant plus d'investissement de la part des producteurs, cette alternative était appuyée par des études récentes démontrant le possible succès de telles entreprises en Argentine. Cette alternative laitière est relativement nouvelle en Amérique où les ovins ont été exploités principalement pour la production de laine ou de viande.

Cette activité a rapidement suscité l'intérêt des exploitations intensives et semi-intensives les plus importantes, grâce aux expériences positives rapportées au Mexique et en Uruguay. En Argentine, l'élevage ovin laitier s'est finalement diffusé comme solution alternative rentable et l'élaboration de fromages s'est transformée en une possibilité intéressante de diversification pour les producteurs.

Les principales limites rencontrées pour cette diversification étaient le faible nombre d'animaux à capacités laitières, le prix élevé des reproducteurs en résultant, et le peu d'information technique disponible concernant cette activité méconnue des producteurs. Pour réduire ces contraintes, l'Institut National de Technologie Agricole (INTA) d'Anguil (La Pampa) a mis sur le marché des ovins de race Pampinta, résultat du croisement de brebis Corriedale avec des béliers de race allemande Frisonne de l'Est, qui, après 12 années

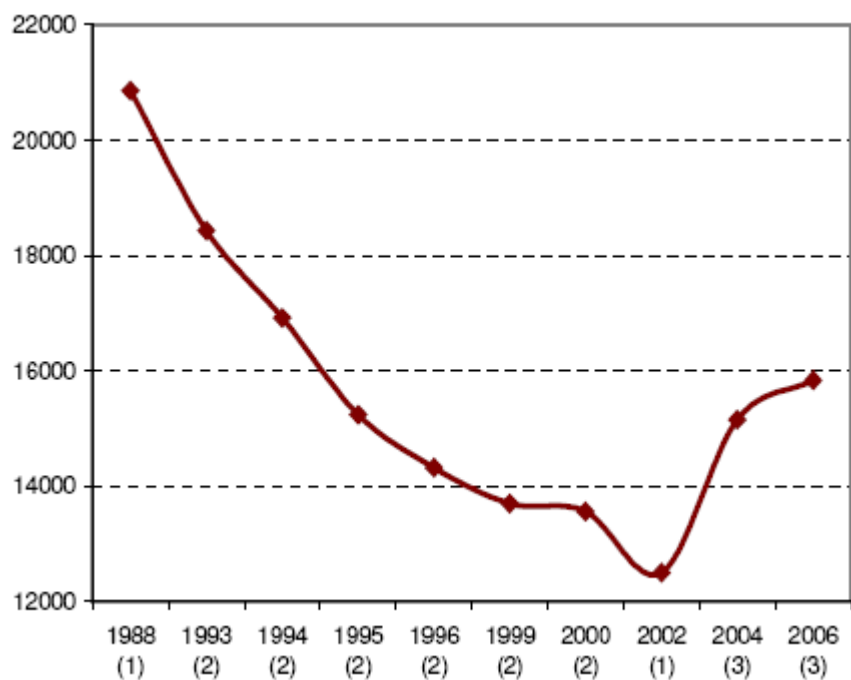
d'élevage et de sélection à l'INTA permirent l'obtention d'une race  $\frac{3}{4}$  Frisonne de l'Est et  $\frac{1}{4}$  Corriedale. Ce biotype a permis d'incorporer le caractère rustique de la race Corriedale à la race importée Frisonne de l'Est, tout en conservant les qualités laitières et prolifiques de cette dernière.

### 1.5. Depuis la crise : la remontée

L'Australie a souffert ces trois dernières années de sécheresse intense causée par le phénomène climatique « El Niño », et a donc vu son cheptel ovin nettement diminué, ainsi que la qualité de sa production de laine fortement réduite (fibres fragilisées, cassantes). Les éleveurs australiens doivent faire face au coût élevé de la main d'œuvre et, comme dans le reste du monde, leur âge moyen a augmenté (proche de 58 ans), ce qui les amène de plus en plus souvent à abandonner la production ovine de façon irréversible (Duhart, 2007).

Enfin, si l'on ajoute à cela la crise économique argentine de 2002 qui a conduit à la dévaluation du peso (1 dollar US = 3,16 pesos argentins), et la mise en place d'aides de l'Etat aux producteurs argentins dans le cadre de la loi nationale 25.422 « Recuperacion de la Actividad Ovina » (cf annexe), on comprend pourquoi ces dernières années, le contexte est particulièrement favorable à la poursuite de l'activité ovine en Argentine (Mueller, 2007). On peut observer l'évolution du cheptel ovin argentin sur la figure 4.

**Figure 4 :** Evolution du cheptel ovin argentin (en milliers de têtes) de 1988 à 2006. Sources : (1)INDEC, (2)Enquête nationale agricole SAGPyA et INDEC, (3)Estimations INDEC.





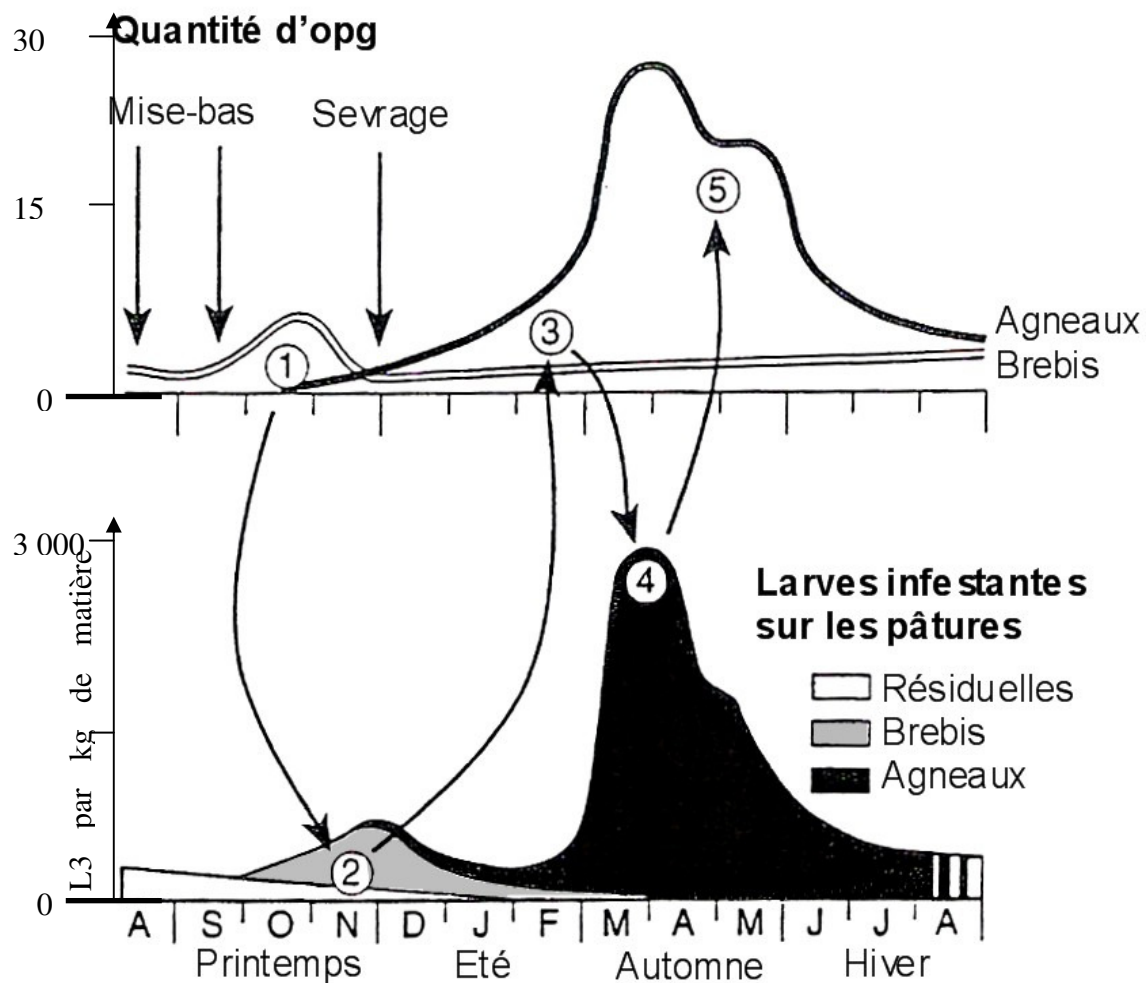
## 2. Les strongyloses gastro-intestinales des ovins

Les infestations parasitaires, notamment par des nématodes gastro-intestinaux, constituent un véritable frein à la production ovine. La connaissance de l'épidémiologie parasitaire est fondamentale pour lutter contre ces infestations.

### 2.1. Schéma d'infestation parasitaire

La figure 5 représente le schéma annuel d'infestation parasitaire sur ovins non traités en termes d'OPG (Oeufs de nématodes par Gramme de Fèces ovins) et de nombre de larves infestantes sur les pâtures (L3) (McEwan, 1994).

*Figure 5 : Schéma annuel d'infestation parasitaire sur ovins non traités (d'après Vlassof, 1982).*



- (1) Les brebis contaminent la pâture après la mise-bas : periparturient rise (PPRI).
- (2) Pic de L3 sur la pâture suite au PPRI.

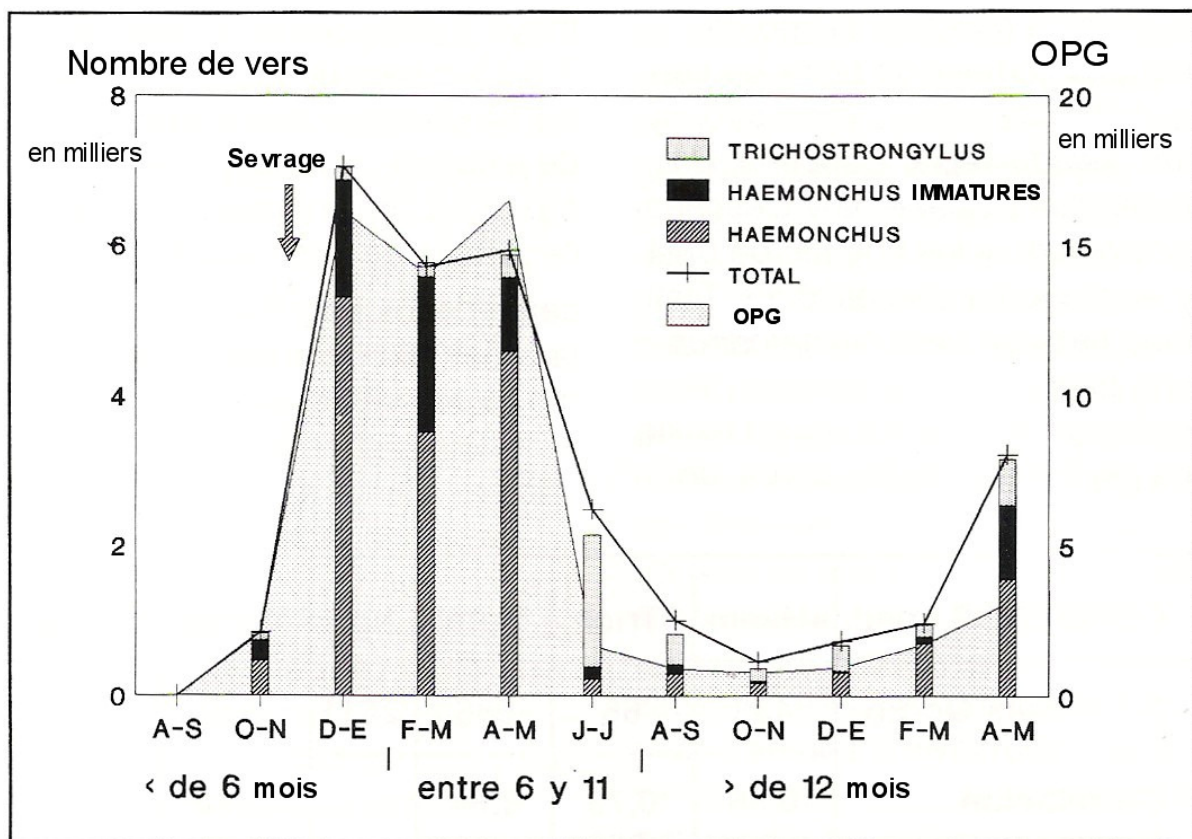
- (3) Première contamination des agneaux nouveaux-nés ;
- (4) Pic de L3 suite à la contamination de la pâture par les agneaux ;
- (5) Re-contamination des agneaux grâce au pic de L3 de l'étape (4) et deuxième pic d'OPG.

Le nombre d'OPG diminue ensuite en raison de l'immunité qui s'installe et de l'arrivée de conditions climatiques défavorables (hiver). Ce schéma d'infestation parasitaire, a été déterminé en Nouvelle-Zélande, mais s'applique également à la Pampa, région tempérée d'Argentine.

## 2.2. Composition de la communauté parasitaire

La figure ci-dessous illustre les variations de l'intensité des infestations parasitaires et des valeurs d'OPG chez les agneaux dans la région étudiée, ainsi que la composition spécifique de la communauté parasitaire impliquée.

**Figure 6 :** Charges parasitaires et OPG chez de jeunes ovins, dans La Pampa, Argentine.  
 Source : Suarez, 1997.



Dans la région de La Pampa, le genre de nématode dominant chez les ovins est *Haemonchus*. En seconde position vient *Trichostrongylus* et l'on peut aussi trouver des *Teladorsagia*.

### 2.2.1. *Haemonchus contortus* et l'haemonchose ovine

Le nématode *Haemonchus contortus* est un parasite de la caillette des petits ruminants responsable de pertes importantes de production. L'infestation par *H. contortus* entraîne une dégradation de l'état général des animaux, des troubles digestifs discrets (diarrhée), une perte de poids, une dégradation de la qualité de la laine, l'altération des capacités de reproduction et dans sa forme la plus grave, la mortalité par anémie chez les animaux les plus jeunes.

La pathogénicité d'*H. contortus* est liée :

- à son mode d'alimentation hématophage et donc à son action spoliatrice à l'origine de l'anémie (pâleur extrême des muqueuses),
- à l'effet traumatique local causé par les stades larvaires lors de la phase parasitaire intra-muqueuse et par les stades adultes lors de la nutrition, à l'origine de pertes de poids et, dans de rares cas, de diarrhée.

L'haemonchose ovine peut se présenter sous 3 formes :

- **forme suraiguë**, peu fréquente : mort subite de gastrite hémorragique ;
- **forme aiguë**, typique : anémie avec chute progressive de l'hématocrite, décompensation de la moëlle osseuse, aggravée par la perte de protéines et de fer, jusqu'à la mort de l'animal. Généralement 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.

### 2.2.2. *Trichostrongylus colubriformis* et la trichostrongylose ovine

*Trichostrongylus colubriformis* est un parasite de l'intestin grêle des petits ruminants (partie proximale) responsable, lors d'infestations importantes, d'un syndrome diarrhéique plus ou moins marquée, associé à un amaigrissement progressif. *T. colubriformis* est à l'origine du développement d'une entéropathie avec atrophie plus ou moins importante des villosités intestinales. L'augmentation de la perméabilité vasculaire, associée à l'atrophie des villosités, entraîne une fuite plasmatique vers la lumière et donc à une perte de protéines et une hypoalbuminémie. La perte de poids est également accentuée par une stimulation de la sécrétion de cholécystokinine (CCK) qui déprime le centre de l'appétit au niveau cérébral. Enfin, une altération de la croissance osseuse (de type ostéoporose) est parfois constatée sur des agneaux en croissance, comme conséquence d'une diminution de l'absorption du calcium et du phosphore.

Cela étant, les infestations asymptomatiques sont très fréquentes et de rares cas de mortalité aiguë peuvent être rencontrés lors d'infestations sévères.

## 3. Les anthelminthiques utilisés en Argentine

La lutte contre les infestations par les nématodes gastro-intestinaux passe tout d'abord par le traitement des animaux à l'aide de produits anthelminthiques. Les trois familles de molécules les plus utilisées sont les lactones macrocycliques, les benzimidazolés et les imidazothiazoles.

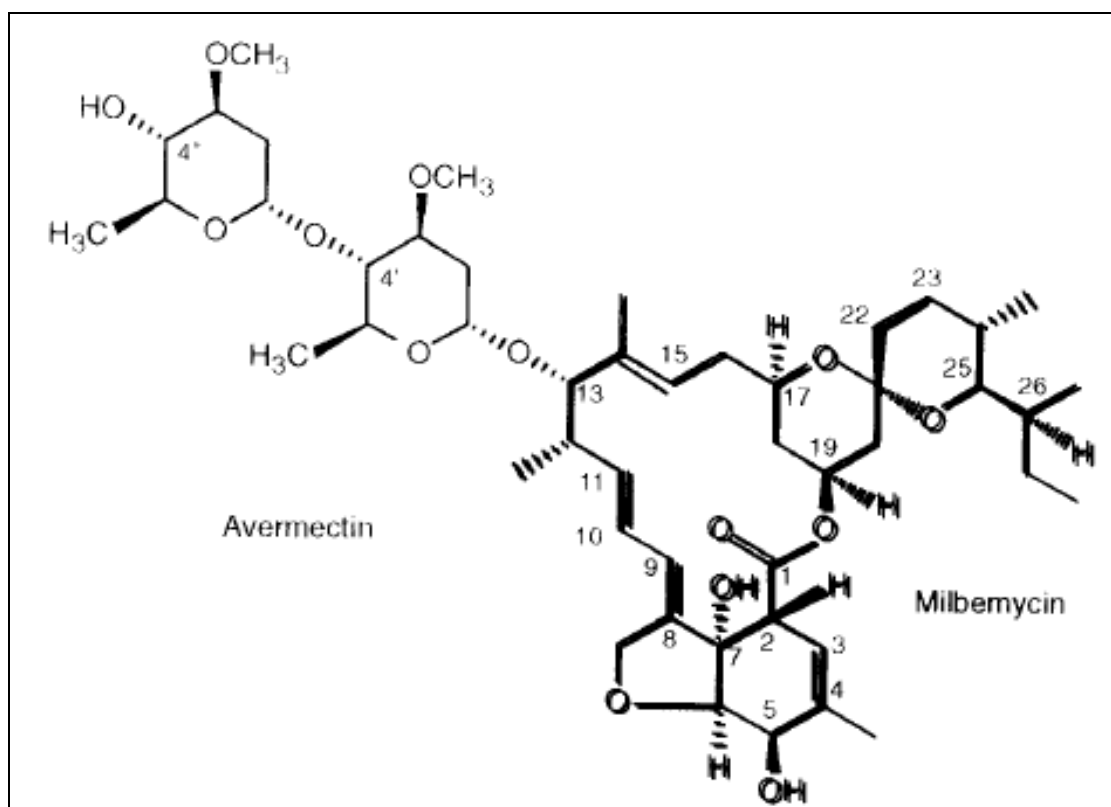
### 3.1. Les lactones macrocycliques

La famille des lactones macrocycliques peut se diviser en deux groupes :

- le groupe des **avermectines**, produites par le champignon *Streptomyces avermitilis*, avec l'ivermectine, l'abamectine et la doramectine ;
- le groupe des **milbémycines**, produites par le champignon *Streptomyces cyaneogriseus*, avec notamment la moxidectine.

Ces deux classes de molécules sont des composés de 16 groupements lactones, et diffèrent d'un groupement disaccharidique (substituant *bisoleandroxyloxy*) sur le carbone numéro 13, présent chez les avermectines, absent chez les milbémycines.

**Figure 7 :** *Superposition des molécules d'ivermectine et de milbémycine. Les molécules représentées ici sont l'ivermectine B<sub>1a</sub> et la milbémycine D. La molécule d'ivermectine diffère par la présence d'un groupement disaccharide. Source : Shoop et al, 1995.*



Les lactones macrocycliques agissent sur la transmission nerveuse chez les parasites (Prichard, 2005). Elles se fixent sur un récepteur au glutamate, au niveau des canaux chlore, à proximité d'un récepteur GABA et d'un récepteur aux benzodiazépines. Cette fixation provoque ainsi un blocage des canaux chlore en position ouverte et donc un flux entrant d'ions chlore au sein des cellules nerveuses des parasites. Il s'ensuit une hyperpolarisation cellulaire qui bloque toute activité nerveuse et entraîne une paralysie flasque. Une action similaire est obtenue avec un neuromédiateur inhibiteur GABA. Les lactones macrocycliques aurait donc un effet GABA-mimétique.

Ce système neuromédiateur est très important chez les invertébrés, arthropodes et nématodes, montrant ainsi le spectre d'activité des lactones macrocycliques. Chez les mammifères, les récepteurs à glutamate ne sont présents qu'au niveau du système nerveux

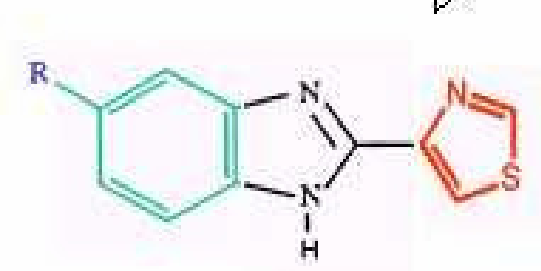
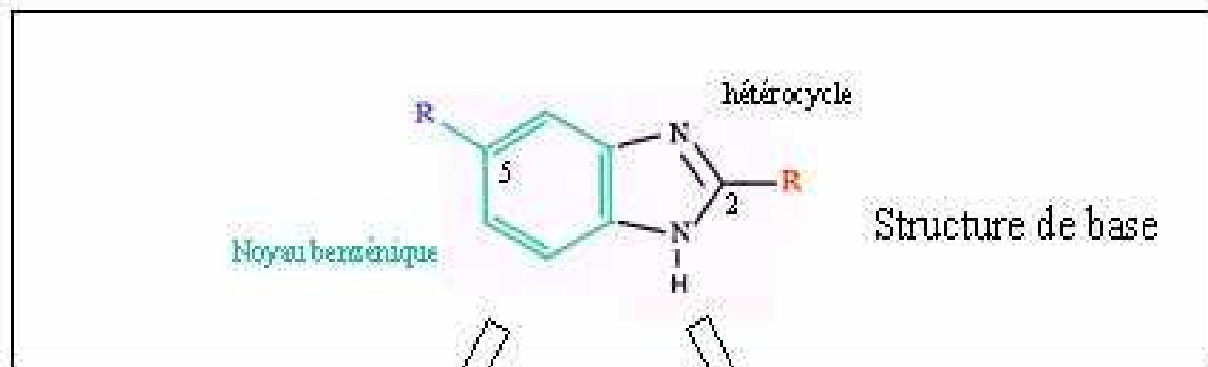
central. Les lactones macrocycliques ne peuvent y accéder car la présence de la *multidrug-resistance*-P-glycoprotéine (MDR-PgP) empêche leur franchissement de la barrière hémato-méningée.

### **3.2. Les benzimidazolés**

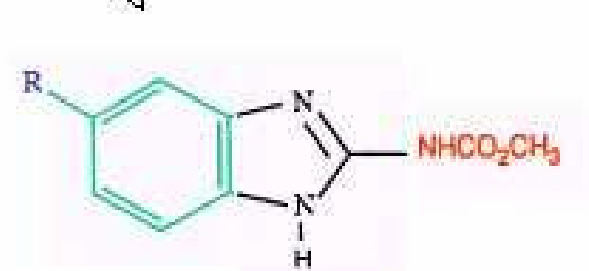
Les anthelminthiques benzimidazolés les plus communément utilisés sont le thiabendazole, l'albendazole, le flubendazole et le mébendazole.

La structure de base des benzimidazolés, visible sur la figure 8, est un cycle double correspondant à la fusion d'un noyau benzène et d'un hétérocycle, un imidazole. Les modifications des groupements fixés en position 2 et 5 de cette structure permettent d'obtenir les différents composés de cette famille d'anthelminthique (Elard, 1998). Différentes prodrogues, plus solubles et moins toxiques pour l'hôte, ont également été élaborées.

**Figure 8 : Structure biochimique des principaux benzimidazolés. D'après Townsend et al., 1990)**



Benzimidazoles



Carbamates de Benzimidazoles

R = H Thiabendazole (Tbz)

R = (CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CHCOOH Carbendazole (Cbz)

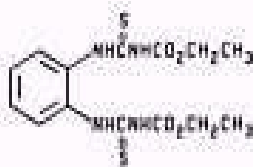
R =  Mebendazole (Mbz)

R = CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>S— Albendazole (Abz)

R =  Ferbendazole (Fbz)

R =  Oxfendazole (Oxz)

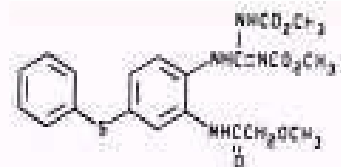
### Pro-drogues



Thiophanate



E énomy l



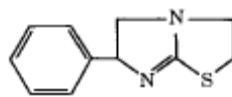
Febentel

Les anthelminthiques benzimidazolés inhibent chez certains parasites du tube digestif la polymérisation de la  $\beta$ -tubuline en microtubules. Cette inhibition réduit chez le parasite la libération de médiateurs au niveau neuromusculaire et l'absorption de glucose, ce qui entraîne son immobilisation et son élimination passive dans les selles. Les benzimidazolés sont des composés actifs contre les nématodes et les levures, mais présentent cependant une toxicité très limitée chez les mammifères.

### 3.3. Les imidazothiazoles

Les imidazothiazoles sont des molécules synthétiques découvertes en 1966 qui comprennent notamment le tétramisole et son lévo-isomère, le lévamisole.

*Figure 9 : Structure du lévamisole. Source : Martin, 1997.*



Ces molécules agissent sur les récepteurs nicotiques à l'acétylcholine, synaptiques et extra-synaptiques des cellules musculaires des nématodes. En se fixant à ces récepteurs, les imidazothiazoles provoquent la dépolarisation des cellules musculaires et une paralysie spastique des parasites, qui peuvent alors être expulsés par l'hôte (Martin, 1997).

## 4. Le problème de la résistance aux anthelminthiques

### 4.1. Résistance : généralités

La résistance aux anthelminthiques est la diminution ou l'absence d'efficacité d'un produit sur des populations parasitaires généralement sensibles à ce produit (Anziani et Fiel, 2005).

La résistance serait un phénomène de pré-adaptation par lequel des gènes de résistance existeraient déjà chez un petit nombre d'individus (hétérozygotes ou homozygotes) avant même la première exposition à un produit défini. Au fur et à mesure des traitements réalisés avec ce produit, une pression de sélection s'exercerait sur ces populations provoquant ainsi l'augmentation de la proportion d'individus porteurs d'allèles de résistance, pour finalement aboutir à un phénomène de résistance. La résistance serait donc une adaptation d'une population de nématodes confrontée à un stress permanent tel que l'application répétée d'un même antiparasitaire.

Le problème posé par la résistance aux anthelminthiques atteint une ampleur maximale chez les petits ruminants. Il est également plus important dans les pays de l'hémisphère Sud où la production ovine et caprine se réalise principalement en systèmes pastoraux. En Afrique du Sud et en Australie, les pertes de production causées par les échecs des traitements utilisés sont telles que certains élevages ont dû arrêter l'élevage d'ovins ou de caprins (Anziani et Fiel, 2005).

La situation est également très préoccupante en Amérique du Sud où l'on observe la plus grande distribution et les niveaux les plus élevés de résistance anthelminthique chez les ovins.

## **4.2. L'ampleur du problème de la résistance aux anthelminthiques en Argentine**

L'industrie de la viande en Argentine est caractérisée par son système de production extensif au pâturage. L'utilisation de traitements anthelminthiques est très fréquente afin d'éviter les pertes dues aux parasitoses subcliniques. Elle ne fait l'objet d'aucun contrôle vétérinaire. Aucun diagnostic préalable au traitement n'est effectué et le choix de l'antiparasitaire obéit à des raisons commerciales plus qu'à l'indication du produit (Caracostantogolo et al, 2005).

Les groupes chimiques d'antiparasitaires utilisés sont les mêmes depuis les années 70 et 80 (imidazothiazoles, benzimidazoles et lactones macrocycliques). La grande efficacité et l'action endectocide des avermectines sont à l'origine de leur succès et de leur large diffusion pour le contrôle des parasites et ce, dès leur lancement sur le marché. Cette diffusion a encore augmenté avec l'apparition de formulations génériques, moins chères.

Selon une étude réalisée en 1994-95, 43% des élevages ovins enquêtés en Argentine présentaient des nématodes gastro-intestinaux résistants aux anthelminthiques. Les résultats de cette étude ont permis d'établir la résistance aux anthelminthiques comme un problème concernant les autorités de santé animale, l'industrie et les secteurs de la production (Caracostantogolo et al., 2005).

Etant donné que cette étude ne concernait tout d'abord que l'activité ovine et qu'en Argentine, la principale activité d'élevage est la production de viande bovine, cette première étude n'a eu d'impact que sur un nombre réduit de producteurs d'ovins et de professionnels liés à l'élevage d'ovins.

Cependant, Anziani et al. (2001) et Fiel et al. (2001) ont ensuite rapporté des cas de résistance de *Cooperia* spp chez les bovins aux lactones macrocycliques, les produits antiparasitaires les plus utilisés.

Devant l'importance du problème, la résistance aux anthelminthiques pouvant affecter la production de viande de façon significative, le Gouvernement de l'Argentine a sollicité l'aide de la FAO afin de déterminer la prévalence de la résistance aux anthelminthiques chez les ruminants et de proposer des solutions au problème de la résistance.

Dans le cadre de ce projet, une étude a été réalisée en 2003 dans des élevages ovins choisis au hasard dans les provinces de Buenos Aires, Corrientes, Chubut, La Pampa, Santa Cruz et Tierra del Fuego. Une résistance au lévamisole a été détectée dans 25% de ces élevages, au benzimidazole dans 53% des élevages, à l'ivermectine dans 50% des élevages et 16% des élevages présentaient des *Haemonchus contortus* résistants au closantel. 16 élevages (sur 32 étudiés) présentaient des parasites résistants à plus d'un produit parasitaire, et 2 élevages de Corrientes présentaient une résistance multiple au lévamisole, à l'ivermectine, au benzimidazole et au closantel (Caracostantogolo et al., 2005).

Etant donnée l'importance de la diffusion de la résistance en Argentine, plusieurs possibilités de lutte alternative ont été envisagées.

## **4.3. Les méthodes alternatives proposées**

### **4.3.1. Meilleure utilisation des antiparasitaires**

Une utilisation rationnelle des antiparasitaires disponibles est indispensable pour prolonger leur durée de vie utile. Plusieurs schémas sont applicables.



### 4.3.1.1. L'utilisation de la technique FAMACHA©

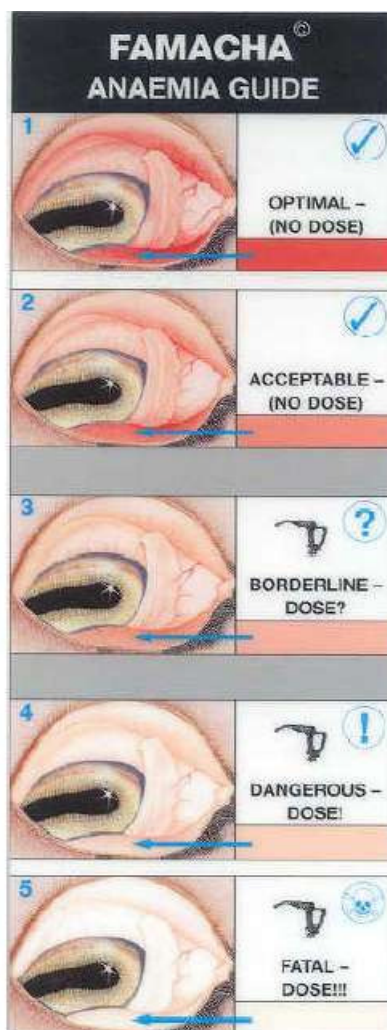
- **Description :**

La technique FAMACHA© (Faffa Malan Chart) a été mise au point en Afrique du Sud, pour le contrôle d'*Haemonchus contortus* chez les ovins (Nari et al., 2003).

Au sein d'un troupeau existent des individus très sensibles aux infestations par des nématodes mais également des individus plus ou moins résistants à ces mêmes infestations. L'utilisation de modèles mathématiques a permis de déterminer que l'apparition de résistance anthelminthique pouvait être ralentie, en ne traitant que les animaux sévèrement affectés par les nématodes gastro-intestinaux. Dans ce cas, la population de parasites en « refuge » (larves sur la pâture, issues d'œufs déposés par les animaux non traités) permettrait alors de diluer la population de nématodes résistants. C'est précisément sur ce principe qu'a été développée la méthode FAMACHA©, qui permet de déterminer différents stades d'anémie produite par *Haemonchus contortus* par l'observation de la coloration de la muqueuse oculaire. Cette échelle de couleurs est rappelée sur la figure 10. L'observation de cette échelle de couleurs permet de décider, en fonction du stade d'anémie observé, de traiter ou non l'animal.

**Figure 10 :** Technique FAMACHA©. Source :

<http://www.capraispana.com/destacados/famacha/famacha.htm> , consultée le 16 octobre 2007.



- **Avantages :**
  - Applicable dans pratiquement tous les systèmes de production ovine-caprine ;
  - Diminution des coûts liés à l'achat d'anthelminthiques ;
  - Diminution de la pression de sélection favorisant le développement de nématodes résistants ;
  - Possibilité d'appliquer cette technique même avec un personnel non formé (facilement réalisable).
  
- **Inconvénients :**
  - Possibles diagnostics erronés, l'anémie pouvant être causée par divers autres facteurs (ex : fasciolose, sous-alimentation,...) ;
  - Technique dont le principe est difficilement compréhensible pour l'éleveur, pour lequel la technologie, et donc les molécules commercialisées, est toujours la « solution », quel que soit le problème parasitaire ;
  - Augmentation du temps de travail : véritable problème pour les grandes exploitations qui emploient de moins en moins de personnel.

#### **4.3.1.2. L'alternance des différentes familles de molécules disponibles**

Cette méthode consiste à alterner dans le temps deux ou trois molécules différentes, de façon à ce que chaque individu de la population de nématodes ne soit exposé qu'à un seul composé anthelminthique à la fois, mais que l'ensemble de la population soit exposé à plusieurs composés différents au cours du temps. Cette méthode part du principe que la résistance des nématodes à plusieurs molécules à la fois est un phénomène rare. En effet, les mécanismes d'action de chaque famille étant différents, la probabilité que des individus puissent développer une résistance à plus d'une famille de molécules est infime. Ainsi, par exemple, des individus ayant résisté à un traitement à l'ivermectine pourront par la suite être éliminés par un traitement à l'albendazole, et inversement.

Durant des années, la réalisation de rotations annuelles de drogues à large spectre a été largement recommandée. Cette méthode semble efficace lorsqu'il s'agit de drogues non rémanentes (comme les benzimidazolés et le lévamisole), mais la situation est différente dans le cas de l'application de certaines lactones macrocycliques, plus rémanentes. Avec l'apparition de résistance à ces molécules dans de nombreux points du globe, et le développement de formulations génériques à bas prix, il est devenu nécessaire de remettre cette méthode en question (Nari et al., 2003).

Des modèles de simulation ont été réalisés afin d'étudier la probabilité de développement d'une population de nématodes résistante en fonction des anthelminthiques administrés (rémanence plus ou moins importante). Les résultats ont montré que la fréquence de l'allèle de résistance, après une seule saison de pâture en région tempérée, était trois à quatre fois plus élevée chez le groupe d'animaux traités aux anthelminthiques longue action que chez les animaux traités aux anthelminthiques non rémanents (Smith et al., 1999).

#### **4.3.1.3. Le remplacement des produits disponibles par d'autres molécules**

D'autres produits efficaces existent pour lutter contre les nématodes gastro-intestinaux, comme l'oxyde de cuivre, ou encore le naphthalophos, mais ces molécules sont souvent chères et non commercialisées.

#### **4.3.1.4. L'association des molécules disponibles avec d'autres produits**

L'association des anthelminthiques disponibles avec d'autres molécules peut permettre d'accroître leur biodisponibilité. Par exemple, le loperamide est une molécule capable de modifier les caractéristiques pharmacocinétiques des anthelminthiques. Il semble cependant que si le loperamide induit effectivement une augmentation d'efficacité de l'ivermectine et de la moxidectine, il n'induit cependant pas une augmentation suffisante à la réversion de la résistance dans les élevages déjà profondément affectés par ce problème (Ahoussou, 2007).

### **4.3.2. Gestion raisonnée des pâturages**

Les pâtures étant à l'origine de la contamination des animaux, il est intéressant d'essayer de limiter au maximum la contamination des pâtures.

#### **4.3.2.1. Pâturage mixte alterné**

Le pâturage mixte alterné, notamment entre ovins et bovins, est basé sur trois grands principes biologiques (Entrocasso, 2005) :

- les nématodes gastro-intestinaux d'ovins et de bovins sont d'espèces distinctes dans la plupart des cas,
- lorsque les ovins sont au pâturage, le cycle des nématodes spécifiques des bovins est rompu, et inversement,
- les bovins au pâturage acquièrent une bonne protection immunitaire contre les nématodes gastro-intestinaux vers l'âge de 18-24 mois, ils peuvent donc agir comme des « aspirateurs » de larves qui ne pourront alors pas contaminer les ovins.

Cependant, dans les régions où prédomine *Haemonchus*, le pâturage alterné ovins/bovins peut ne pas être effectif du tout dans la mesure où les ovins ne parviennent jamais à développer une immunité solide contre ce genre, et peuvent le transmettre à des bovins sensibles. De plus, dans la province de Buenos Aires, en Argentine, on a pu constater que des isolats du parasite d'ovins *Haemonchus contortus* résistants aux benzimidazoles peuvent également infecter les bovins et provoquer une symptomatologie clinique chez les veaux (Anziani et Fiel, 2005). Certains auteurs suggèrent également que ces deux espèces de

ruminants hébergent la même espèce de nématode résistant, ce qui représenterait alors une limite importante à la recommandation du pâturage mixte ou alterné, soutenue depuis maintenant plusieurs années.

#### **4.3.2.2. Le pâturage alterné avec un seul type d'hôte**

Ce type de pâturage repose sur le principe selon lequel les adultes sont généralement plus résistants que les jeunes et permet donc le rejet d'une grande proportion des larves ingérées, une moindre excrétion d'œufs, des charges parasitaires faibles et de moindres pertes de production.

#### **4.3.2.3. Mise au repos des pâtures après passage des animaux**

La mise au repos des pâtures constitue une autre alternative pour réduire la contamination parasitaire, mais elle doit être assez longue pour permettre l'élimination des larves. Selon des études réalisées en Uruguay, une période de 90 jours constitue le minimum nécessaire à l'obtention d'une réduction significative du nombre de larves sur les pâtures et sur les animaux.

- **Avantages :**
  - Réduction de la contamination des pâtures ;
  - Moindre consommation d'anthelminthiques ;
  - Meilleure utilisation des pâtures.
- **Limites :**
  - Investissement plus important en clôtures et abreuvoirs ;
  - Plus grande nécessité de main d'œuvre et d'attention de la part des éleveurs, ce qui peut constituer un frein majeur à l'adoption de cette stratégie (Waller, 1997).

#### **4.3.3. Les champignons nématophages**

Il existe plus de 200 champignons dits nématophages. Le champignon *Duddingtonia flagrans*, visible sur la figure 11 ci-dessous, est capable de capturer et détruire les larves de nématodes sur les pâtures : ses chlamydospores sont capables de survivre lors du passage dans le tractus digestif des ruminants et les filaments mycéliens issus de ces spores ont la capacité d'immobiliser ou envahir les larves de strongles dans les matières fécales. De plus, son action est polyvalente puisqu'elle concerne les strongles des ruminants, des équidés et des porcins (Lacroux, 2006).

**Figure 11 : *Duddingtonia flagrans* emprisonnant une larve de nématode. Source : CSIRO.**



L'utilisation de *Duddingtonia flagrans*, associée à la gestion raisonnée des pâturages et à l'utilisation rationnelle des anthelminthiques, permet d'obtenir une réduction du taux d'infestation de près de 80% avec une durée de vie de 90 jours sur les pâtures, ce qui laisse entrevoir une possibilité intéressante de lutte biologique (Waghorn et al., 2003). De plus, ce champignon n'aurait aucun impact environnemental mesurable sur les sols, et ne persiste pas dans les sols après avoir tué les larves de nématodes. Cependant, les résultats obtenus avec ces champignons sont très variables selon les études, et la méthode étant jugée trop lourde à mettre en œuvre, elle est à l'heure actuelle abandonnée.

#### **4.3.4. La supplémentation nutritionnelle**

##### **4.3.4.1. Supplémentation en protéines**

Il a été démontré qu'une supplémentation de la ration en protéines peut avoir des effets très bénéfiques sur les animaux infestés (Coop et Holmes, 1996). Pour illustrer ce phénomène, prenons pour exemple le cas d'une brebis gestante. Au moment de la mise-bas, la brebis tend à employer ses ressources protéïques autour de la mise-bas et de l'allaitement, et néglige ainsi sa réponse immunitaire face aux infestations parasitaires. C'est d'ailleurs ce que l'on observe souvent dans les comptages d'œufs de nématodes à cette période: on appelle ce phénomène le periparturient rise (PPRI). Si l'on supplémente sa ration en protéines, la brebis peut alors fournir assez de protéines à la fois pour la mise-bas et l'allaitement, et pour se défendre contre les infestations parasitaires.

Les effets les plus communément décrits sont une moindre installation des larves de parasites chez l'hôte, des parasites de taille réduite et moins pathogènes (résilience), une moindre production d'œufs et une augmentation du nombre d'éosinophiles impliqués dans le rejet des parasites (Entrocasso, 2005).

#### 4.3.4.2. Utilisation de tannins condensés

Plusieurs études réalisées à divers endroits du globe ont démontré les capacités des tanins condensés que contiennent certaines légumineuses telles que le *Lotus corniculatus* ou *L. pedunculatus* à limiter la charge parasitaire de plusieurs genres de nématodes et à réduire le nombre d'œufs (Min et al., 2003). En protégeant les protéines de la ration des dégradations ruminales et en favorisant leur absorption par l'intestin, ces composés contribueraient indirectement à une meilleure réponse face aux nématodes parasites du tractus digestif.

Il a également été démontré que les tanins peuvent avoir un effet direct sur les infestations : le tanin issu du quebracho par exemple (ou brise-hache, *Schinopsis balansae*) a un effet néfaste sur le développement larvaire des différents genres de nématodes (Athanasiadou et al., 2001).

#### 4.3.5. La vaccination

En général, les nématodes déclenchent la mise en place d'une réponse immune de type Th2 chez leur hôte. Souvent, cette réponse immune ne permet pas une protection rapide et très efficace contre les ré-infestations. C'est particulièrement évident dans le cas d'*Ostertagia ostertagi* chez les bovins, pour lequel des années d'exposition au parasite sont nécessaires à l'obtention d'une protection immunitaire significative (Mitreva et al., 2007).

La vaccination contre le parasite hématophage *Haemonchus contortus* a fait l'objet de nombreuses études et certains antigènes potentiellement protecteurs sont bien caractérisés à l'heure actuelle. Trois grandes catégories d'antigènes peuvent être utilisés comme antigènes vaccinaux (Lacroux, 2006) :

- les antigènes issus d'homogénats totaux de vers,
- les enzymes protéolytiques et autres produits d'excrétion-sécrétion (PSE) de vers adultes ou de larves,
- et les antigènes dits « cachés », correspondant le plus souvent à des protéines du tractus digestif du parasite avec lesquelles le système immunitaire de l'hôte n'est pas directement en contact.

Des recherches ont également été effectuées avec *Trichostrongylus colubriformis*, mais les études dans l'espèce ovine restent très limitées. Aucun vaccin n'est disponible sur le marché.

### 5. La résistance génétique des animaux aux parasites

La résistance des ovins à l'infestation par les strongles a une composante génétique. Ceci indique que des animaux peuvent être sélectionnés sur ce caractère (Cabaret, 2004). Toutefois, les études réalisées, bien que prometteuses, ne sont pas parvenues au stade de la réalisation pratique.

## 5.1. Résistance et résilience

Il est important de faire une distinction entre la "résistance à une infection" et la "résistance aux effets de l'infection". Il existe un large débat dans la littérature scientifique sur la manière de définir ces notions mais les définitions les plus communément admises sont les suivantes (Baker, 1997).

La **résistance** est définie comme l'aptitude d'un hôte à initier et maintenir les réponses immunitaires pour limiter l'implantation et le développement des parasites et/ou provoquer l'expulsion des parasites déjà implantés. La **résilience** est définie comme l'aptitude à maintenir une production malgré des infestations parasitaires (Lahlou-Kassi et al., 1994).

Pour de nombreuses raisons, la résistance apparaît comme le critère le plus important. En effet, l'augmentation des aptitudes de résilience ne permet pas une maîtrise des populations parasitaires et donc une diminution de la contamination des pâturages car l'excrétion fécale d'oeufs n'est pas diminuée. En revanche, l'utilisation d'animaux résistants permet une diminution progressive de la contamination des pâturages. L'adaptation très rapide des parasites aux anthelminthiques suggère qu'ils pourraient aussi s'adapter à des hôtes résistants. Une sélection sur la résilience serait alors mieux adaptée car elle n'exercerait pas de pression de sélection sur l'aptitude du parasite à s'adapter à la résistance de l'hôte. Toutefois, l'adaptation des parasites aux hôtes résistants n'a pas encore été démontrée (Woolaston et al., 1992).

## 5.2. Les bases de la résistance

La résistance aux infestations parasitaires est principalement liée au développement de l'immunité chez l'animal (McEwan, 1994). Ceci explique que les ovins adultes ou âgés répondent plus efficacement et plus rapidement aux infestations parasitaires que les jeunes animaux. C'est également pourquoi la plupart des auteurs conçoivent la résistance en termes immunologiques.

La résistance peut être contrôlée soit par plusieurs gènes (modèle polygénique) soit par un seul gène majeur (modèle monogénique). Lorsque la sélection est basée sur un modèle polygénique, la progression est lente et permet ainsi de détecter précocement la sélection de caractères non souhaitables, avec un retour en arrière possible. Lorsque la sélection est basée sur un seul gène majeur, la progression de la sélection est beaucoup plus rapide. Cependant, ces gènes impliquent souvent des effets secondaires délétères qui peuvent affecter les capacités physiologiques de l'animal. En raison de la complexité de la réponse immunitaire responsable de la résistance, et de la continuelle variation de cette réponse, les chercheurs favorisent actuellement le modèle polygénique, même si le schéma de transmission suggère que peu de gènes soient impliqués (Kassai et Sréter, 1992).

Les estimations de l'héritabilité (part de la variation phénotypique attribuable à la génétique) de la résistance chez les ovins sont assez importantes, allant de 0,3 à 0,5. Ces valeurs sont comparables aux valeurs d'héritabilité des traits de production, et permettent donc de penser que la sélection d'individus résistants peut se faire de la même manière que pour la sélection sur les caractères d'importance économique.

### 5.3. Les outils de sélection

Lorsqu'un programme de sélection sur la résistance à une maladie est mis en place, la première question est : comment différencier les ovins résistants des ovins sensibles ? L'indicateur le plus direct et le plus fiable de la sensibilité d'un ovin à une infestation par des helminthes est le nombre de vers établis chez l'animal. Cependant, l'utilisation de cet indicateur implique l'abattage des animaux, ce qui est inconcevable en pratique.

Il est donc nécessaire de définir d'autres critères ou caractères sur lesquels la sélection puisse s'effectuer. Idéalement, les marqueurs phénotypiques utilisables doivent être faciles à mesurer, répétables, directement en rapport avec l'intensité du parasitisme, et enfin, héréditaires. Ils doivent également permettre une mesure de la résistance, ou au moins une indication prédictive de celle-ci, qui soit indépendante à la fois de l'intensité de l'infestation et des facteurs environnementaux (Windon, 1996).

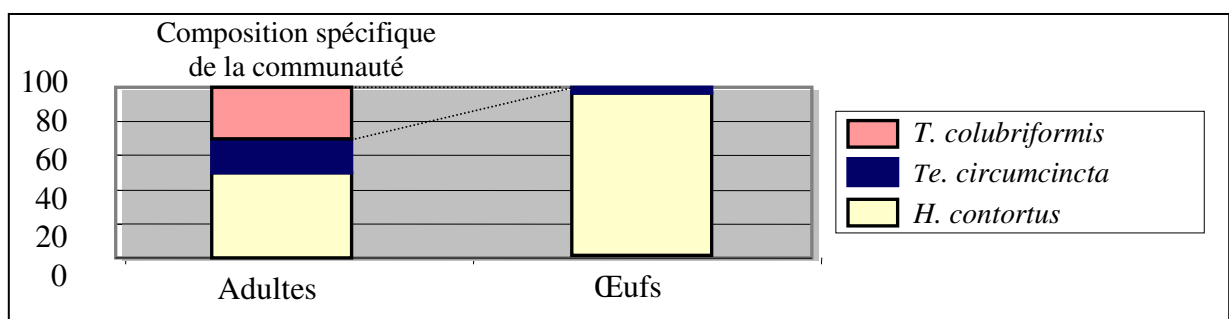
Les marqueurs phénotypiques de résistance aux nématodes gastro-intestinaux peuvent être :

- l'intensité de l'excrétion fécale des œufs de parasites,
- la capacité à croître et à produire malgré une infestation parasitaire (dans ce cas, on parlera plutôt de marqueur de résilience),
- l'intensité de la réponse immunitaire observée lors d'une infestation.

#### 5.3.1. L'intensité de l'excrétion fécale des œufs de parasites

Le comptage d'œufs par gramme de fèces (COPGF) est un élément de mesure indirecte de la charge parasitaire de l'hôte. Cependant, le comptage d'œufs peut ne pas toujours être un bon indicateur car la production d'œufs peut être affectée par divers facteurs (Douch et al. 1996). Les nombres d'œufs pondus par femelle et par jour varient selon les espèces de nématodes allant de 100-300 œufs par jour pour *Trichostrongylus colubriformis* et *Teladorsagia circumcincta* à 5000-7000 par jour pour *H. contortus*. La figure suivante résume bien cette tendance.

**Figure 12 :** *Comparaison de la composition spécifique d'une communauté de nématodes adultes avec la quantité d'œufs correspondante. Source : Anne Silvestre, présentation formation CEAV PARC 2006-2007.*



D'autres facteurs influencent également l'excrétion fécale d'œufs, tels que le stade d'infestation (excrétion nulle en période pré-patente ou d'hypobiose), le statut immunitaire de l'hôte ou le statut physiologique de l'hôte, notamment la parturition chez les brebis.



Enfin, l'impossibilité d'automatiser le comptage des œufs et l'incapacité de conserver des matières fécales sur de longues périodes constituent des inconvénients pratiques majeurs.

En dépit de toutes ces réserves, la concentration en œufs des fèces (opg) semble suffisamment corrélée à la charge parasitaire et à la résistance. Son héritabilité varie de 0,2 à 0,4 selon les études (Windon, 1996). La mesure de l'excrétion fécale d'œufs reste donc le paramètre le plus utilisé à l'heure actuelle.

### 5.3.2. L'intensité de la réponse immunitaire

L'intensité de la réponse immunitaire peut être estimée à l'aide de différents indicateurs. Chez les ovins, on associe parfois (Stear et Murray, 1994) :

- de fortes concentrations sanguines en éosinophiles, en leucocytes, et en immunoglobines IgA à une faible charge parasitaire et donc aux animaux résistants ;
- de fortes concentrations sanguines en IgG1 à une haute charge parasitaire et donc aux animaux sensibles.

Le nombre d'éosinophiles circulants est significativement corrélé à l'acquisition de la résistance. Cependant, les animaux très résistants ayant expulsé leurs parasites présentent des teneurs faibles en éosinophiles circulants, tout comme les animaux sensibles (Windon, résultats non publiés). De plus, la spécificité de ce paramètre est relativement faible : l'éosinophilie sanguine peut être influencée par des infestations parasitaires autres que les strongyloses gastro-intestinales ou par des phénomènes allergiques. Il y a également des différences d'association entre le nombre d'éosinophiles circulants et l'acquisition de la résistance, selon les différentes espèces de nématodes. Cette association est par exemple forte pour *T. colubriformis* et faible pour *H. contortus* (Rothwell et al., 1993). Tous ces éléments font du dénombrement d'éosinophiles circulants un paramètre difficilement exploitable pour la sélection.

En Nouvelle-Zélande, une attention toute particulière est portée au dosage par ELISA des anticorps sériques dirigés contre les antigènes parasitaires d'excrétion/sécrétion (Douch et al., 1996). En effet, les concentrations d'anticorps (notamment IgG1) seraient modérément héritables et génétiquement corrélées au comptage d'opg, et pourraient donc être utilisées pour la sélection d'individus résistants.

### 5.4. Avenir de la sélection : les Quantitative Trait Loci (QTL)

En raison des nombreuses contraintes que présente la sélection basée sur les caractères phénotypiques tels que le nombre d'OPG, de nombreuses études sont en cours quant à l'utilisation des zones du génôme que sont les Quantitative Trait Loci (QTL). Le principe est en fait de situer les gènes responsables de la variabilité génétique d'un caractère quantitatif, dans ce cas d'un caractère lié à la résistance de l'hôte aux nématodes, afin de faciliter la sélection de lignées résistantes.

Cependant, la complexité des processus physiologiques mis en jeu dans la résistance suggère l'implication de nombreux gènes. La littérature publiée jusqu'à présent sur le sujet est encore réduite et rapporte des études réalisées avec des approches analytiques différentes, des races d'ovins différentes et des espèces de nématodes différentes (Dominik, 2005). Le tableau

suivant rapporte quelques-unes des études décrivant les QTL trouvés pour certains caractères de résistance aux infestations parasitaires.

**Tableau 1 : Localisation des différents QTL décrits chez les ovins, pour différents caractères quantitatifs relatifs à la résistance de l'hôte aux infestations parasitaires (d'après Bishop et Morris, 2007).**

Chromosomes impliqués	Espèces de nématodes concernées	Auteurs
<b>QTL pour le nombre d'OPG</b>		
<b>Chromosome 1*</b>	<i>Trichostrongylus colubriformis</i>	Beh et al., 2002 Diez-Tascon et al., 2002
	<i>Haemonchus contortus</i>	Cockett et al., 2005
<b>Chromosome 2</b>	<i>Nematodirus</i>	Davies et al., 2006
<b>Chromosome 3**</b>	<i>T. colubriformis</i>	Beh et al., 2002
	Infestation à plusieurs Strongylidés	Paterson et al., 2001 Davies et al., 2006
	<i>Nematodirus</i>	Davies et al., 2006
<b>Chromosome 6</b>	<i>T. colubriformis</i>	Beh et al., 2002
	<i>H. contortus</i>	Cockett et al., 2005
<b>Chromosome 14</b>	<i>Nematodirus</i>	Davies et al., 2006
<b>Chromosome 19</b>	<i>H. contortus</i>	Cockett et al., 2005
<b>Chromosome 20</b>	Infestation à plusieurs Strongylidés	Davies et al., 2006
<b>QTL pour la concentration en IgA</b>		
<b>Chromosome 3**</b>	Infestation à plusieurs Strongylidés	Davies et al., 2006
<b>Chromosome 20***</b>	Infestation à plusieurs Strongylidés	Davies et al., 2006
<b>QTL pour l'hématocrite</b>		
<b>Chromosome 1*</b>	<i>H. contortus</i>	Cockett et al., 2005

\* Le QTL pour l'hématocrite trouvé sur le chromosome 1 est situé au même endroit que le QTL mis en évidence sur ce même chromosome pour le nombre d'OPG.

\*\* Les QTL mis en évidence sur le chromosome 3 comprennent le locus de l'interféron gamma (INFG).

\*\*\* Le QTL mis en évidence sur le chromosome 20 est situé dans la région du Complexe Majeur d'Histocompatibilité (CMH).

La plupart des loci identifiés comme étant significativement associés à des indicateurs phénotypiques de résistance aux nématodes diffèrent selon les études, exception faite de la région INFG sur le chromosome 3 (Dominik, 2005). Une standardisation des protocoles, du matériel d'étude et des approches analytiques faciliterait l'obtention de résultats comparables et l'identification de gènes ou de marqueurs liés à des gènes associés à la résistance aux nématodes. Il faudra encore de nombreuses études avant d'arriver à une utilisation optimale des QTL dans ce domaine.

Les études actuelles visent à densifier la cartographie des QTL, à l'aide par exemple de marqueurs SNP (Single Nucleotide Polymorphism), permettant de détecter la variation d'une seule paire de base entre individus résistants et sensibles.

## **5.5. La sélection d'animaux résistants**

### **5.5.1. Sélection d'une race résistante**

Il est depuis longtemps établi que certaines races sont plus résistantes aux infestations par les strongles gastro-intestinaux que d'autres (Windon, 1996). En général, les races exotiques comme les Red Maasai, Florida Native, Barbados Black Belly et Ste Croix, sont plus résistantes que les races européennes. De mêmes, les races à viande sont généralement plus résistantes que les races à laine telles que le Mérinos et le Rambouillet.

Dans la plupart des expériences, le mécanisme de la différence de résistance entre races n'est pas défini. Rothwell et al. (1993) ont comparé les réponses d'agneaux Romney et Mérinos à *T. Colubriformis*, à l'aide de vaccination par des larves irradiées. Ces agneaux ont été élevés et maintenus en parcs afin de fixer les mêmes influences environnementales et une infestation parasitaire connue. Dans les groupes contrôle non vaccinés, aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux races. Cependant, après vaccination avec des larves irradiées de *T. colubriformis* et infestation par des larves non irradiées, les fèces des agneaux Romney présentaient une quantité d'OPG significativement moindre (82% de protection) que ceux des agneaux Mérinos (43% de protection). Ces résultats suggèrent ainsi le rôle de la résistance acquise plutôt que la résistance innée dans la différence entre Romney et Mérinos.

Toutefois, quelques études, peu nombreuses, semblent mettre en évidence l'existence de races ovines plus résistantes que d'autres dès la première exposition au parasite. Ainsi, les ovins de race Sainte-Croix ont une moindre excrétion fécale que celle des ovins de race Dorset, préalablement immunisés ou naïfs, lors de leur primo-infestation par *H. contortus* (Gamble et al., 1992). De même, chez les ovins de race Barbados Black Belly l'excrétion fécale des œufs d'*H. contortus* et de *T. colubriformis* est significativement inférieure à celle observée dans une race sensible (INRA 401) dès la première exposition aux parasites (Gruner et al., 2003). La résistance observée dans cette race a une origine génétique car les ovins issus du croisement entre les deux races ont une résistance intermédiaire (Gruner et al., 2003).

### **5.5.2. Sélection au sein d'une même race**

Plusieurs individus de génotypes différents peuvent exister au sein d'une même race : il est donc possible de sélectionner une lignée résistante aux infestations par des nématodes gastro-intestinaux, tout en gardant les traits de production caractéristiques d'une race. Ce type de sélection a déjà été réalisé dans les races Romney (Bisset et al., 1991), Mérinos (Woolaston, 1992) ou encore Rhön (Gauly et Erhardt, 2001).

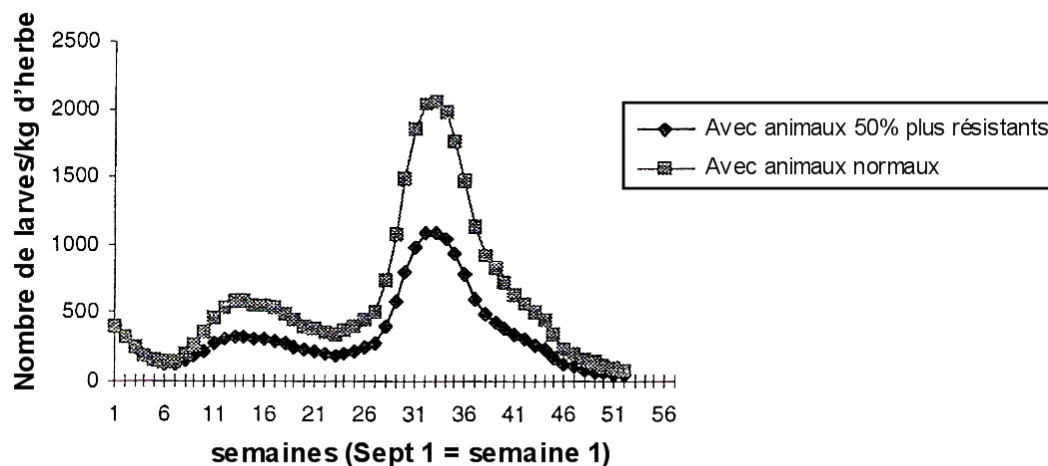
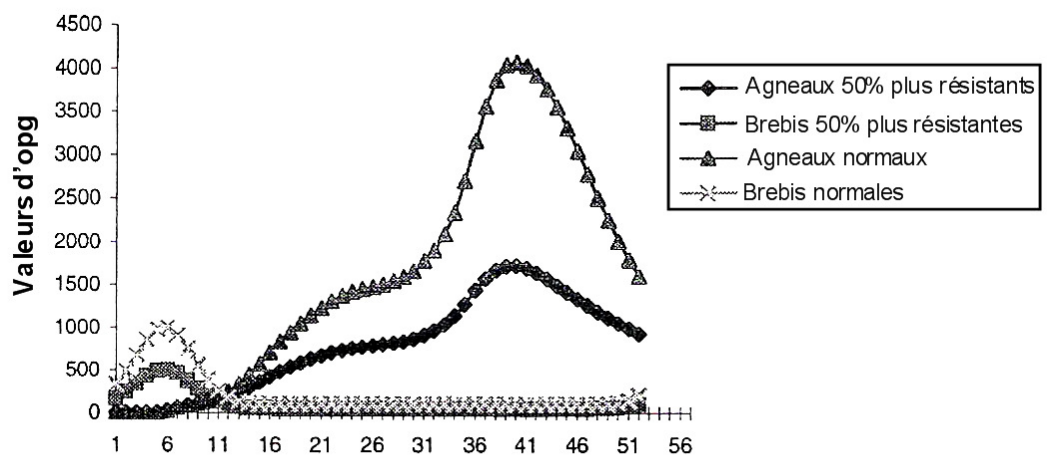
## **5.6. Intérêts et limites de la sélection d'animaux résistants**

### **5.6.1. Intérêts de la sélection génétique**

Le bénéfice majeur apporté par la sélection de la résistance aux nématodes réside en la réduction de la contamination des pâtures. Cette réduction implique en effet une quantité moindre de larves infestantes présentes sur les pâtures, et donc une diminution des pertes de production dues au parasitisme (McEwan, 1994).

En raison de la dynamique de population des nématodes, des changements mineurs dans la résistance de l'hôte peuvent avoir un impact important sur la charge parasitaire. Ce phénomène est illustré dans la figure 13, qui permet de voir l'évolution d'une même infestation initiale sur des animaux excréant 50% moins d'OPG en comparaison à des animaux non sélectionnés. Le troupeau le plus résistant connaît une réduction conséquente du nombre de vers comparativement au troupeau d'animaux dits « normaux ».

**Figure 13 :** Effets prédictifs de la mise au pâturage d'ovins résistants sur le nombre de parasites sur pâture et animaux, comparés à un troupeau normal. Les animaux dits résistants ne permettent l'établissement que de 50% des larves ingérées. Source : McEwan, 1994.



Des études réalisées en Australie ont établi que pour des systèmes de production ovine de viande ou de laine, une intensité de sélection de 5% pour les mâles (5 mâles sélectionnés pour leur résistance, dans un troupeau de 100 animaux) et 30% pour les femelles permet d'augmenter la résistance du troupeau d'environ 6% par an, jusqu'à obtenir une réduction des valeurs d'OPG de 50% en 3 générations (Gruner et Cabaret, 1988).

Le gain de production dépendra de la conduite d'élevage et de la fréquence de traitement des animaux. Plus les pertes de production seront réduites, et plus les bénéfices

seront grands. De la même façon, plus les animaux seront résistants au parasitisme, et plus la fréquence de traitement pourra être réduite, pour un même niveau de production.

Si la fréquence de traitement anthelminthique est réduite, on suppose que non seulement les coûts de traitement et de main d'œuvre diminueront mais la durée de vie utile des molécules s'en trouvera également allongée.

## **5.6.2. Limites et risques de la sélection génétique**

### **5.6.2.1. Résistance et fertilité**

Sur la base de comptage d'OPG chez 2275 ovins Mérinos sélectionnés comme résistants et sensibles à *H. contortus*, Piper (1987) a rapporté une forte corrélation négative entre la fertilité des brebis et la résistance. La fertilité de la lignée résistante ne différait pas de la lignée contrôle mais les brebis de la lignée sensible étaient significativement plus fertiles que celles de la lignée résistante et de la lignée contrôle (Woolaston, 1990).

La possibilité d'un lien existant entre la sélection sur la résistance aux helminthes et la fertilité demande donc à être explorée avec attention.

### **5.6.2.2. Adaptation des parasites**

Le risque majeur engendré par la sélection génétique de lignées d'hôtes résistantes aux nématodes réside dans l'apparition de communautés de parasites adaptées à des hôtes résistants. Le meilleur exemple pouvant illustrer la capacité des parasites à une telle adaptation constitue la résistance des nématodes aux anthelminthiques. De par la forte variabilité génétique des nématodes gastro-intestinaux, leur grand potentiel de reproduction et leur temps de génération relativement court, l'hypothèse de la survenue d'un tel phénomène ne peut être exclue.

Cependant, les différentes études menées jusqu'à présent pour explorer cette éventualité n'ont pas permis de mettre en évidence de signe d'adaptation des parasites (Woolaston et al., 1992). Les recherches dans ce domaine doivent encore être approfondies.

# **DEUXIEME PARTIE : SELECTION DE REPRODUCTEURS RESISTANTS AUX NEMATODES GASTRO-INTESTINAUX A L'EEA INTA ANGUIL, LA PAMPA, ARGENTINE**

## **1. Objectifs**

L'objectif de l'étude menée est double :

- en premier lieu, il s'agit de sélectionner des animaux résistants aux infestations parasitaires afin de créer une lignée d'animaux de race Pampinta résistante aux nématodes, de la commercialiser et de réduire ainsi le nombre de traitements anthelminthiques effectués sur les animaux et par conséquent l'importance de la résistance des nématodes aux anthelminthiques en Argentine ;
- le second objectif est de mettre au point un diagnostic génétique rapide de la résistance aux helminthes, à partir des prélèvements sanguins effectués sur les animaux sélectionnés sur la base des valeurs d'OPG.

Pour des raisons pratiques, ce rapport ne rend compte que des résultats obtenus dans le cadre du premier objectif. En effet, à l'heure actuelle, le travail concernant le deuxième objectif est en cours et ne peut donc encore être présenté.

## **2. Matériels et méthodes**

### **2.1. Echantillonnage des individus**

L'échantillon utilisé pour cette expérience est composé de tous les agneaux de pure race Pampinta nés en 2006 et élevés à la Station Expérimentale Agricole (EEA) de l'INTA Anguil, La Pampa, Argentine.

### **2.2. Animaux**

Les animaux prélevés, soit un total de 468 animaux, sont tous de pure race Pampinta.

Les dates de naissance des animaux prélevés s'étalent du 31 juillet 2006 au 28 septembre 2006 : ceux-ci avaient donc entre 88 et 146 jours d'âge lors du premier prélèvement le 26 décembre 2006.

Le troupeau comprend 198 mâles et 270 femelles. Mâles et femelles pâturaient ensemble lors des 2 premiers prélèvements, séparément lors des 2 prélèvements suivants.

Pour chaque animal ont été enregistrés: le numéro d'identification, le numéro de la mère, celui du père, le sexe, le groupe de pâturage, le nombre d'agneaux nés par portée et le nombre d'agneaux survivants par portée, la date de naissance, et le poids lors du sevrage.

Les agneaux étaient issus de 22 pères et leur répartition par père est représentée dans le tableau ci-dessous :

*Tableau 2 : Nombre de descendants par père.*

<b>Pères</b>	<b>Nombre de descendants</b>	<b>Pères</b>	<b>Nombre de descendants</b>
<b>N 314</b>	26	<b>S 181</b>	30
<b>O 107</b>	26	<b>S 243</b>	22
<b>O 188</b>	5	<b>S 247</b>	30
<b>P 24</b>	29	<b>S 257</b>	48
<b>R 01</b>	19	<b>S 3</b>	29
<b>R 182</b>	25	<b>S 303</b>	19
<b>R 443</b>	24	<b>S 423</b>	18
<b>R 46</b>	24	<b>S 503</b>	7
<b>S 126</b>	27	<b>S 61</b>	6
<b>S 144</b>	15	<b>S 66</b>	20
<b>S 163</b>	13	<b>S 967</b>	6

### 2.3. Prélèvements

Les prélèvements ont été effectués à 4 dates différentes : le 26 décembre 2006, le 28 février, le 7 mars et le 25 avril 2007. Seuls les fèces ont été prélevés.

Après la mise au pâturage, chaque semaine, une vingtaine d'individus choisis au hasard étaient prélevés afin de suivre la progression de l'infestation. A l'origine, la décision de prélever devait être prise à partir d'une moyenne de 1000 d'œufs de nématodes par gramme (OPG) de fèces prélevées sur ces individus.

Au bout de plus d'un mois et demi de pâturage, la moyenne des quelques individus prélevés n'atteignait toujours pas les 1000 OPG. Contrairement à ce qui était initialement prévu, tous les animaux ont alors été prélevés le 26 décembre 2006. La moyenne de toutes les valeurs d'opg restant relativement faible (1018 OPG) et le climat étant particulièrement sec, il a été décidé de ne pas traiter les animaux lors de ce premier prélèvement.

Deux mois plus tard, la vingtaine d'animaux prélevés hebdomadairement présentait de nouveau une moyenne de plus de 1000 OPG : le deuxième prélèvement général a ainsi été réalisé le 28 février 2007. Le climat étant toujours très sec et n'ayant pu récolter que 2 séries de prélèvement sur 3 mois et demi de pâturage, il a encore une fois été décidé de ne pas traiter les animaux à cette date, mais la semaine suivante, avec du lévamisole, lors du troisième prélèvement général, le 7 mars 2007. Le lévamisole a été choisi comme traitement anthelminthique en raison de l'absence supposée de résistance des nématodes à cette molécule sur la station expérimentale de l'INTA.

Le suivi hebdomadaire a été maintenu, et un dernier prélèvement (et traitement) a ainsi pu être effectué le 25 avril 2007.

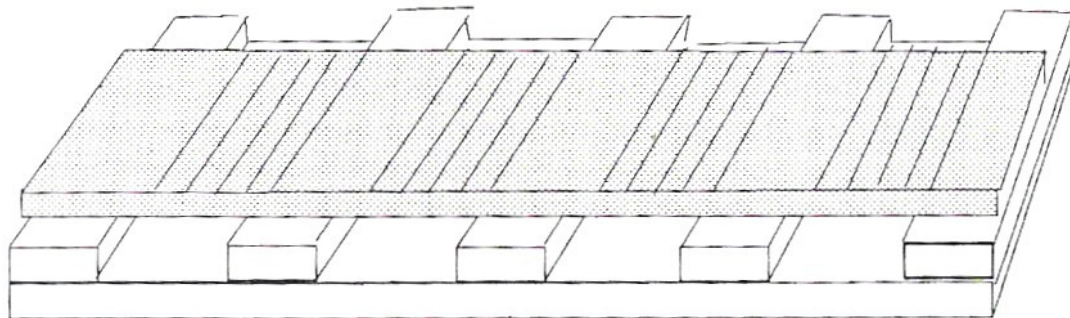
## 2.4. Travail de laboratoire

Chaque prélèvement a été identifié (avec l'identifiant de l'animal correspondant), pesé individuellement, et préparé en vue du comptage d'OPG pour chaque individu selon la technique de Mc Master. Pour chaque date de prélèvement ont été réalisées des coprocultures groupées.

### 2.4.1. Technique de Mc Master modifiée

Pour 5 g de fèces écrasées au mortier sont ajoutés 100 ml de solution sursaturée de NaCl, qui permet la flottaison des œufs des nématodes à la surface du liquide (Suarez, 1997). La solution est ensuite agitée puis filtrée à l'aide d'un filtre à thé (maille de 700 microns). La solution restante est agitée (idéalement par des mouvements en 8), et prélevée par pipettes pour remplir les 4 cellules de la lame de Mc Master modifiée par Robert et O'Sullivan, en évitant la formation de bulles d'air. La solution doit être bien agitée pour permettre une distribution homogène des œufs.

*Figure 14 : Lame de Mc Master modifiée par Roberts et O'Sullivan, 1949. Source : Suarez, 1997.*



**0,5 ml x 4 = 2 ml**

La relation fèces-solution saline est de 1 : 20 et avec la lame de Mc Master modifiée est passé en revue un total de 0,1 g de matière fécale (dans 0,5 mL x 4 cellules = 2 mL). Le total des œufs comptabilisés sur la lame est donc multiplié par un facteur 10 pour obtenir le nombre d'œufs par gramme de fèces (OPG).



## 2.4.2. Coprocultures

### 2.4.2.1. Réalisation

La coproculture parasitaire consiste à faire évoluer des œufs présents dans les fèces en larves. Cette technique permet d'obtenir des formes plus facilement identifiables.

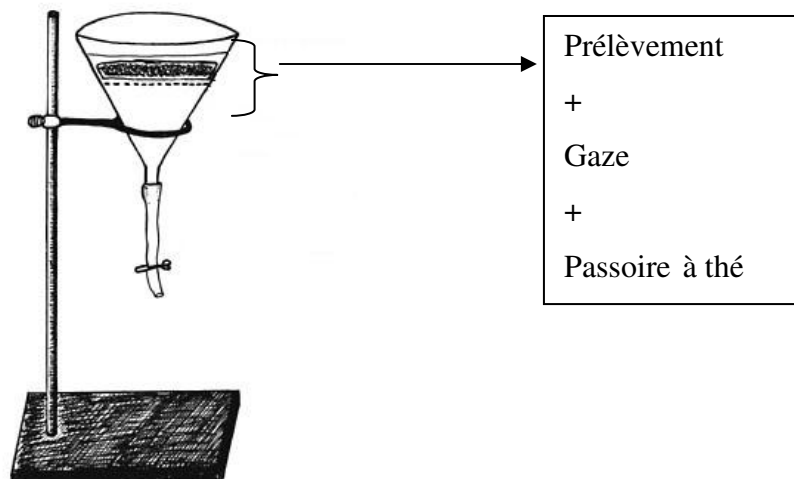
Les fèces prélevées sont tout d'abord mélangées à de la vermiculite (mélangés à 50-50) puis étalés dans une boîte de Pétri munie d'un couvercle. La boîte de Pétri est ensuite mise en étuve à une température de 23°C. A partir du 3<sup>ème</sup> jour d'incubation, le prélèvement doit être oxygéné (retourné) tous les 2 jours et légèrement humidifié si nécessaire avec quelques gouttes d'eau non chlorée. La mise en culture dure de 12 à 15 jours, après quoi les larves obtenues sont récupérées par la méthode de Baermann.

### 2.4.2.2. Technique de Baermann

La méthode de Baermann est une technique d'enrichissement permettant de concentrer les larves. Ce procédé est basé sur le fait que les larves de nématodes coulent dans une grande quantité d'eau dans laquelle il n'existe pas de tensions de surface.

L'appareil de Baermann est composé d'un entonnoir fixé à une potence. Cet entonnoir est prolongé par un tube. Le prélèvement est disposé dans de la gaze placée dans une passoire à thé. L'appareil de Baermann est rempli d'une solution saline physiologique à 25°C, la passoire remplie est posée sur les rebords de l'entonnoir, puis le niveau de saline est complété de manière à ce que celui-ci affleure la partie inférieure du prélèvement. Ce dispositif est représenté sur la figure 15 ci-dessous.

*Figure 15 : Appareil de Baermann.*



Le prélèvement est laissé au repos pendant 24h, le tube est ensuite retiré et peut être conservé plusieurs jours au réfrigérateur. Lors de la lecture du prélèvement, le tube est vidé et son contenu est déposé dans un petit récipient pour être observé à la loupe binoculaire. A l'aide d'une micro-pipette, une cinquantaine de larves sont récoltées une par une, déposées sur

une lame, colorées au lugol puis observées au microscope entre lame et lamelle pour être identifiées.

## 2.5. Analyse des résultats

Les données ont été enregistrées sous format Microsoft Excel® puis analysées à l'aide du logiciel statistique SAS®.

Pour chaque date, les valeurs d'OPG obtenues ont été soumises à une transformation logarithmique après ajout de la valeur 100 pour pouvoir transformer les valeurs nulles ( $Y = \log(X+100)$ ) (Douch et al., 1995; Morris et al., 2000). Cette transformation a permis d'obtenir une distribution normale. Les données ont ensuite été exploitées sous forme de moyennes géométriques des valeurs d'OPG trouvées pour un animal en n'utilisant que les prélèvements des animaux ayant été prélevés 2 fois ou plus au total.

Les variables âge et poids ont chacune été classées en 3 catégories en fonction de la moyenne  $\pm$  un écart-type.

Les effets des différents facteurs sur les valeurs d'OPG (ANOVA) ont été analysés à l'aide du modèle statistique linéaire général.

## 3. Données manquantes

Certaines données ayant rapport à la caractérisation des animaux sont manquantes :

- pour les animaux N°643 (du père S181) et 278 (du père S247), la date de naissance et la portée d'origine n'ont pu être identifiées pour des raisons pratiques liées à la mise-bas nocturne, à l'observation et l'enregistrement diurne des portées et au rejet probable par les mères.
- pour 25 animaux le poids au sevrage manquait pour des raisons non définies : non-pesée de ces animaux ou perte des données.

D'autres données directement liées aux prélèvements sont manquantes. Sur un total de 468 animaux inclus dans l'expérience :

- lors du prélèvement du 26 décembre 2006, 335 animaux ont été prélevés ;
- lors du prélèvement du 28 février 2007, 343 animaux ont été prélevés ;
- lors du prélèvement du 7 mars 2007, 335 animaux ont été prélevés ;
- lors du prélèvement du 25 mars 2007, 404 animaux ont été prélevés.

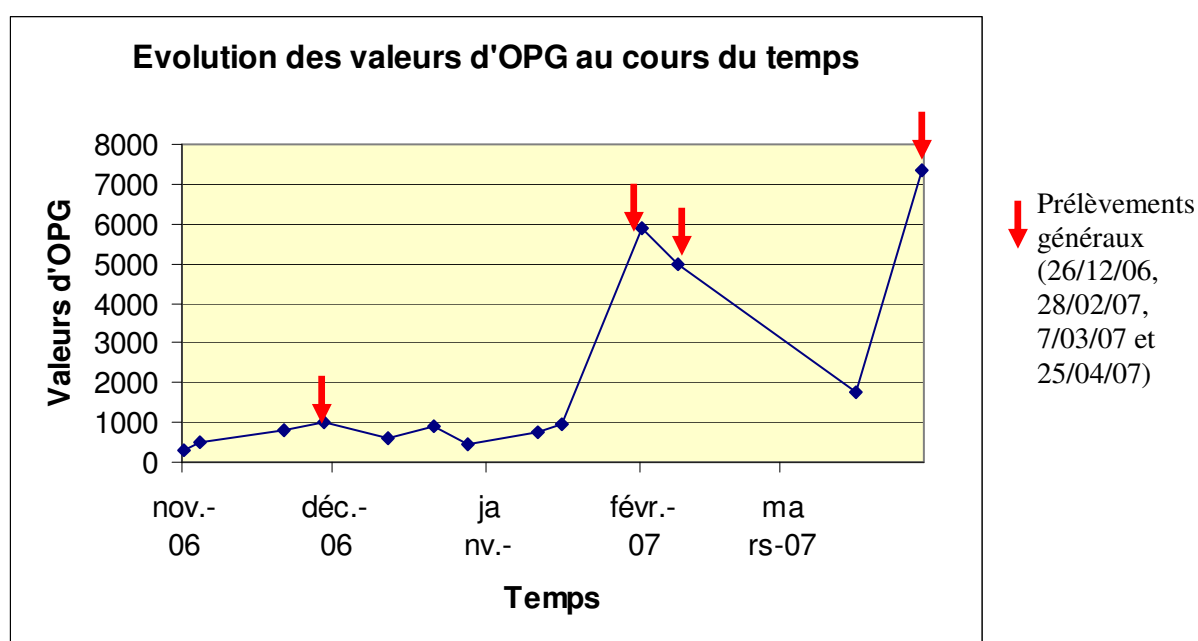
Les raisons de ces lacunes sont purement pratiques : lors des prélèvements, il se peut que certains animaux ne soient pas rassemblés avec le troupeau, ou qu'ils se retrouvent mélangés à d'autres groupes d'animaux, non inclus dans l'expérience. Les prélèvements étant effectués par plusieurs opérateurs assistés par une personne chargée d'identifier ces prélèvements, il se peut également que dans la confusion, tous les animaux n'aient pas été prélevés, ou que l'identification des prélèvements ait été mal relayée.

## 4. Résultats

### 4.1. Niveau d'infestation

La figure 16 représente l'évolution des valeurs d'OPG obtenues depuis le sevrage des animaux en novembre 2006 jusqu'au dernier prélèvement général effectué (25/04/07). Mises à part les 4 valeurs indiquées par une flèche rouge (prélèvements généraux), les points correspondent aux moyennes d'OPG trouvées sur la vingtaine d'animaux prélevés régulièrement afin de contrôler le niveau d'infestation et de décider d'une date de prélèvement général.

**Figure 16 :** *Excrétion d'œufs (OPG) chez les animaux depuis leur sevrage (début novembre 2006) jusqu'au dernier prélèvement général (25 avril 2007).*



Les moyennes des valeurs d'opg obtenues pour tous les animaux à chaque date de prélèvement général s'étalent de 1 018 opg au 26 décembre 2006 à 7 336 opg au 25 avril 2007, avec, pour valeur minimale 0 et pour valeur maximale 56 480 atteinte lors du prélèvement du 28 février 2007. Ces données sont résumées sur le tableau 3.

**Tableau 3 :** *Moyennes des valeurs d'opg obtenues pour tous les animaux à chaque date de prélèvement.*

Date du prélèvement	Nombre d'animaux prélevés	Moyenne	Minimum	Maximum
26 décembre 2006	335	1 018	0	12 080
28 février 2007	343	5 887	0	56 480
7 mars 2007	335	5 004	0	47 240
25 avril 2007	404	7 336	0	45 560

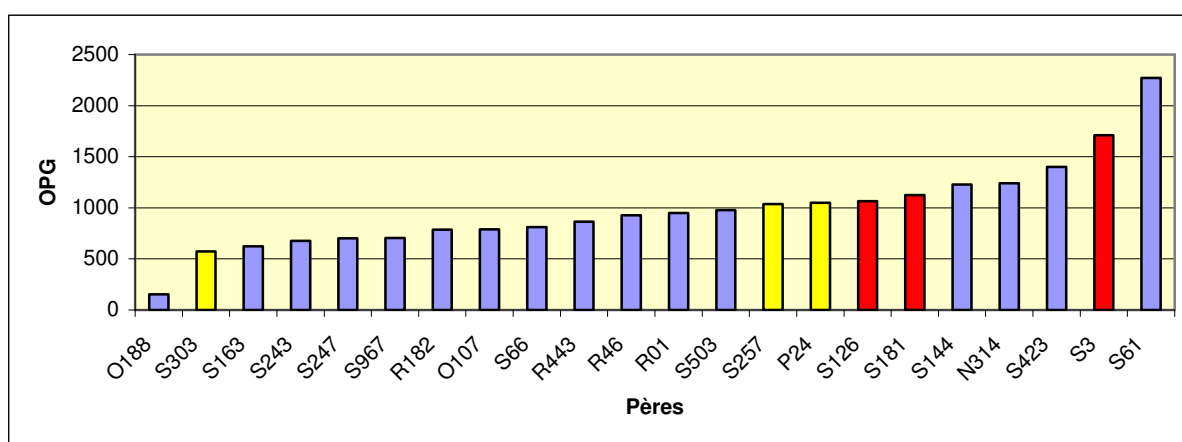
## 4.2. Distribution des valeurs d'OPG obtenues par père

Les histogrammes ci-dessous permettent de visualiser la distribution des valeurs moyennes d'OPG obtenues par la progéniture de chaque père, pour chaque date (cf figures 17 à 20), et pour la moyenne sur l'ensemble des prélèvements (cf figure 21).

Les couleurs rouge et jaune de certaines barres des histogrammes sont expliquées plus bas, au paragraphe 4.4.4.

### 4.2.1. Au 26 décembre 2006

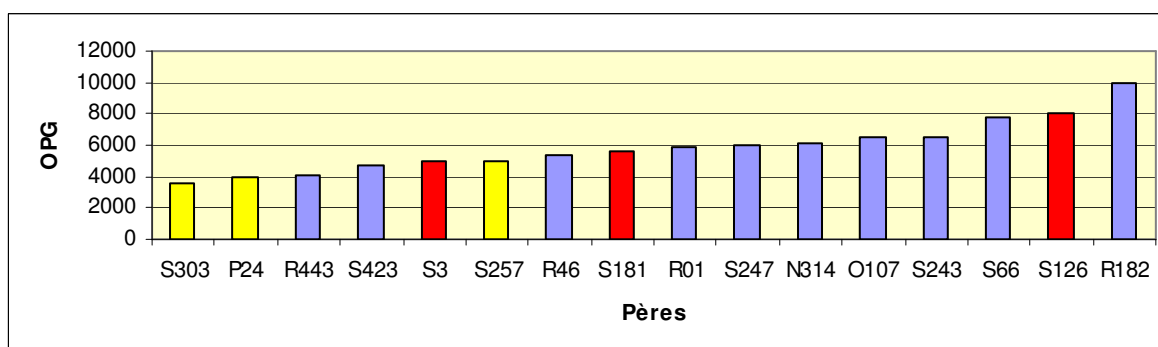
*Figure 17 : Distribution des valeurs d'OPG obtenues par père au 26/12/06.*



Les valeurs moyennes d'OPG par père s'étalent de 155 pour le père 0188 (5 descendants), à 2270 pour le père S61 (6 descendants).

### 4.2.2. Au 28 février 2007

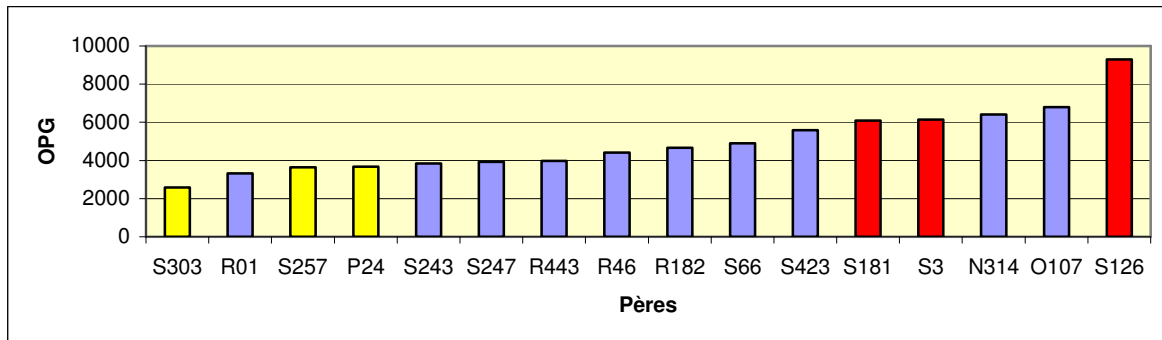
*Figure 18 : Distribution des valeurs d'OPG obtenues par père au 28/02/07.*



Les valeurs moyennes d'OPG par père s'étalent de 3 554 pour le père S303 (19 descendants), à 9 900 pour le père R182 (25 descendants).

#### 4.2.3. Au 7 mars 2007

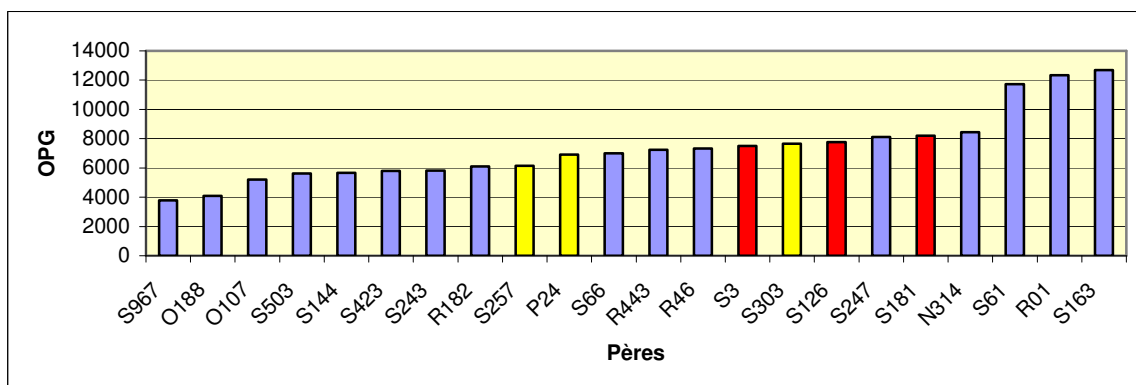
**Figure 19 :** Distribution des valeurs d'OPG obtenues par père au 7/03/07.



Les valeurs moyennes d'OPG par père s'étalent de 2 579 pour le père S303 (19 descendants), à 9 294 pour le père S126 (27 descendants).

#### 4.2.4. Au 25 mars 2007

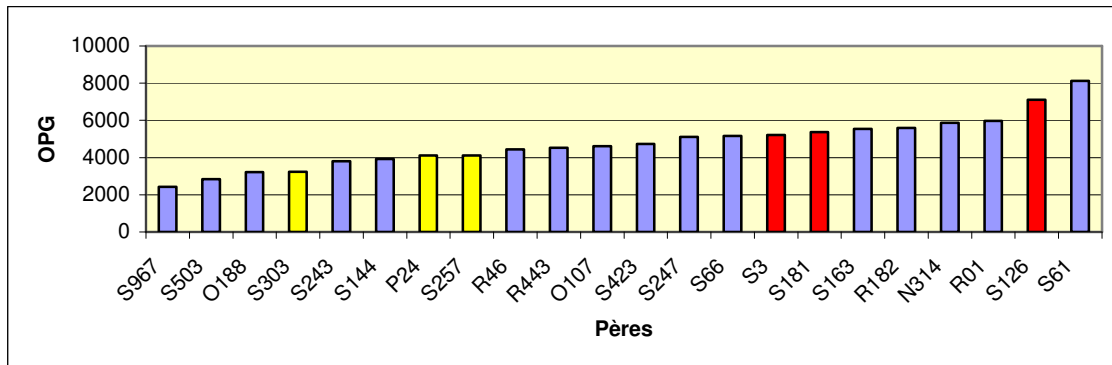
**Figure 20 :** Distribution des valeurs d'OPG obtenues par père au 25/04/07.



Les valeurs moyennes d'OPG par père s'étalent de 3 780 pour le père S967 (6 prélèvements), à 12 690 pour le père S163 (13 descendants).

#### 4.2.5. Moyenne sur tous les prélèvements

*Figure 21 : Distribution des valeurs moyennes d'OPG obtenues par père.*



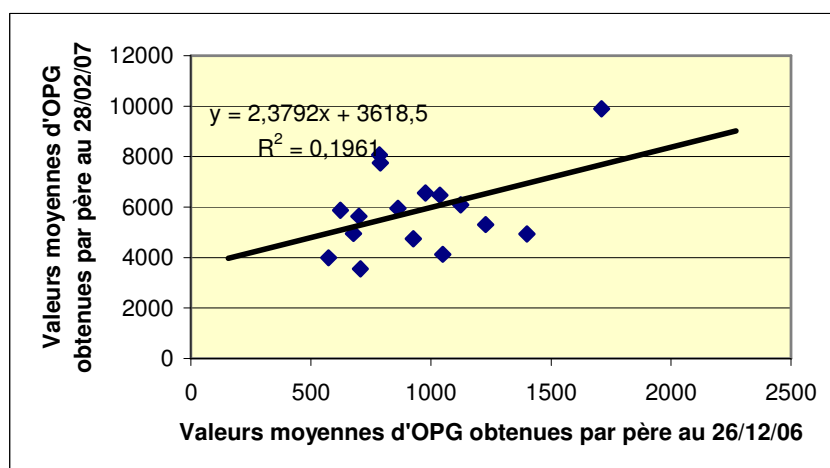
Les valeurs moyennes d'OPG par père s'étalent de 2 432 pour le père S967 (6 descendants), à 8 125 pour le père S61 (6 descendants).

#### 4.3. Corrélations entre les différents prélèvements

Les graphiques suivant illustrent la corrélation existant entre les différents prélèvements.

##### 4.3.1. Entre le premier et le deuxième prélèvement

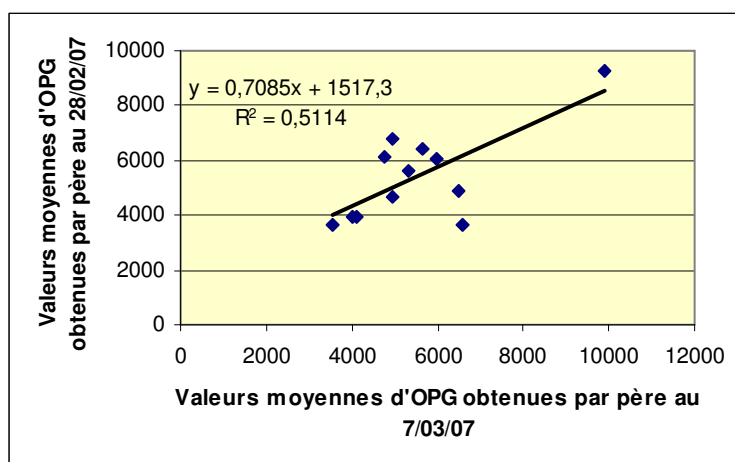
*Figure 22 : Corrélation entre les valeurs d'OPG obtenues au 26/12/06 et au 28/02/07.*



La droite de régression illustre une corrélation positive entre les résultats obtenus pour les dates du 26 décembre 2006 et du 28 février 2007, avec un coefficient de détermination  $R^2$  de 0,1961.

### 4.3.2. Entre le deuxième et le troisième prélèvement

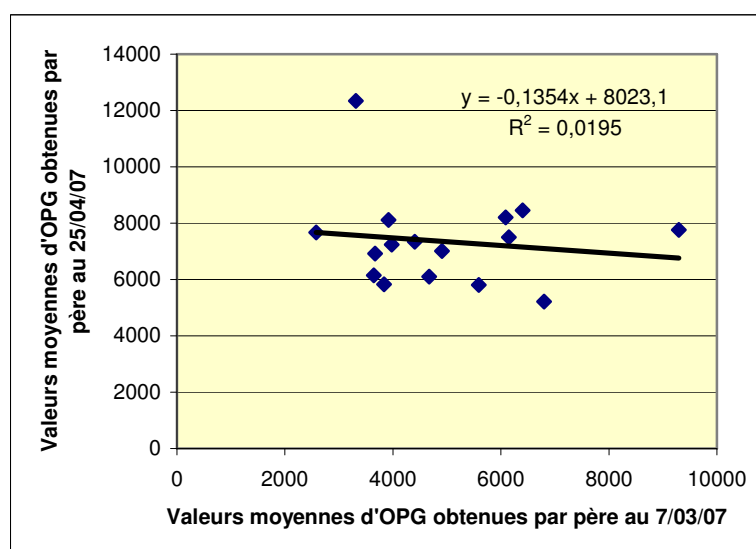
*Figure 23 : Corrélation entre les valeurs d'OPG obtenues au 28/02/07 et au 7/03/07.*



La droite de régression illustre une corrélation positive (0,7085) entre les résultats obtenus pour les dates du 28 février 2007 et du 7 mars 2007, avec un coefficient de détermination  $R^2$  de 0,5114.

### 4.3.3. Entre le troisième et le dernier prélèvement

*Figure 24 : Corrélation entre les valeurs d'OPG obtenues au 7/03/07 et au 25/04/07.*



La droite de régression illustre une corrélation négative (-0,1354) entre les résultats obtenus pour les dates du 7 mars 2007 et du 25 avril 2007, avec un coefficient de détermination  $R^2$  de 0,0195.

## 4.4. Analyse de variances

### 4.4.1. Effets du sexe, du poids au sevrage, et du groupe de pâturage

Aucun effet significatif du sexe ou du poids au sevrage n'a été relevé sur les données. De même, les groupes de pâturage, différenciés par des dates distinctes de mise à l'herbe, ne sont pas significativement différents les uns des autres, en terme de parasitisme.

### 4.4.2. Effet de la taille de la portée

La taille de la portée à la naissance influe sur le parasitisme moyen des individus ( $p=0,0490$ ). Plus précisément, cet effet a été observé sur les prélèvements du 28 février 2007 ( $p=0,0379$ ) où il apparaît que les individus nés jumeaux sont significativement moins parasités que les individus nés triplés ( $p=0,0151$ ).

Cela étant, la taille de la portée effectivement élevée par une brebis, elle, n'a aucune influence sur l'importance de l'infestation.

### 4.4.3. Effet de l'âge

Une différence significative de valeurs moyennes d'OPG a été observée pour des animaux de catégories d'âge différentes ( $p=0,0172$ ), notamment pour les prélèvements effectués le 7 mars 2007 ( $p=0,0885$ ) où il apparaît que les animaux les plus jeunes sont significativement plus parasités que les animaux d'âge moyen ( $p=0,0460$ ).

### 4.4.4. Effet père (apport génétique)

En utilisant le modèle linéaire général, on n'observe pas d'effet « père » sur les niveaux moyens d'infestation des animaux prélevés ( $p=0,1529$ ). Cependant, un effet « père » est observable sur les prélèvements du 7 mars 2007 ( $p=0,0068$ ). Dans le tableau ci-dessous sont répertoriés les pères dont la progéniture est significativement hautement et faiblement parasitée au 7 mars 2007.

**Tableau 4 :** *Niveaux moyens d'infestation de la descendance des pères à progéniture hautement et faiblement parasitée, au 7 mars 2007.*

Pères dont la progéniture est HAUTEMENT parasitée			Pères dont la progéniture est FAIBLEMENT parasitée		
Pères	Valeurs moyennes d'OPG	IC95%	Pères	Valeurs moyennes d'OPG	IC95%
S126	9 294	[4246 ; 14342]	S303	2 579	[1101 ; 4058]
S3	6 145	[4540 ; 7750]	P24	3 669	[2493 ; 4845]
S181	6 087	[4136 ; 8037]	S257	3708	[2558 ; 4858]



Le tableau ci-dessous rapporte les valeurs moyennes d'OPG de ces mêmes pères, en prenant en compte toutes les dates de prélèvements :

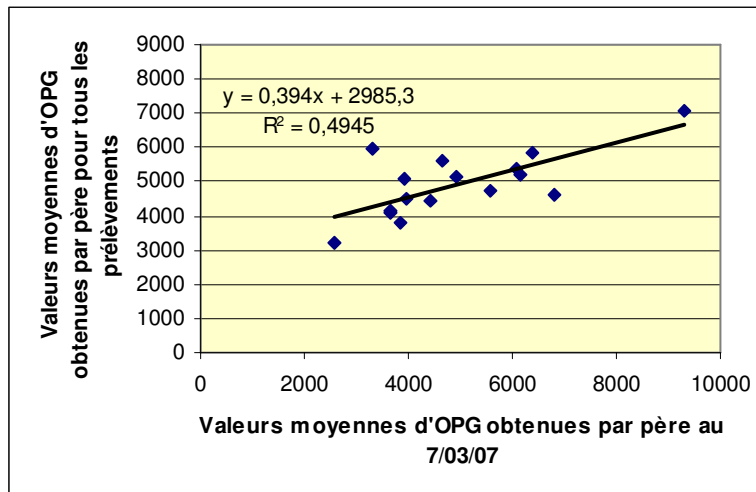
**Tableau 5 : Niveaux moyens d'infestation de la descendance des pères à progéniture hautement et faiblement parasitée, pour toutes les dates de prélèvements.**

Pères dont la progéniture est HAUTEMENT parasitée			Pères dont la progéniture est FAIBLEMENT parasitée		
Pères	Valeurs moyennes d'OPG	IC95%	Pères	Valeurs moyennes d'OPG	IC95%
S126	8 025	[5553 ; 10498]	S303	4 741	[3540 ; 5942]
S3	6 283	[5304 ; 7262]	P24	4 960	[3636 ; 6285]
S181	6 747	[5144 ; 8350]	S257	4 999	[4226 ; 5771]

Les pères S126, S3 et S181 sont représentés en rouge sur les histogrammes présentés plus haut (cf figures 17 à 21). Les pères S303, P24 et S257 sont représentés en jaune sur ces mêmes histogrammes.

Le graphique ci-dessous illustre la corrélation existant entre les résultats obtenus pour le 7 mars 2007, et ceux obtenus par une moyenne sur les 4 dates de prélèvements.

**Figure 25 : Corrélation entre les valeurs moyennes d'OPG obtenues par père pour tous les prélèvements et pour le prélèvement du 7/03/07**



La droite de régression illustre une corrélation positive (0,394) entre les deux séries de résultats, avec un coefficient de détermination  $R^2$  de 0,4945.

## 4.5. Coprocultures

L'observation des larves obtenues par coprocultures a donné des résultats semblables pour les différents prélèvements, visibles dans le tableau 6. La très grande majorité des larves obtenues appartient au genre *Haemonchus*.

**Tableau 6 : Résultats des coprocultures en pourcentages de genres de nématodes trouvés.**

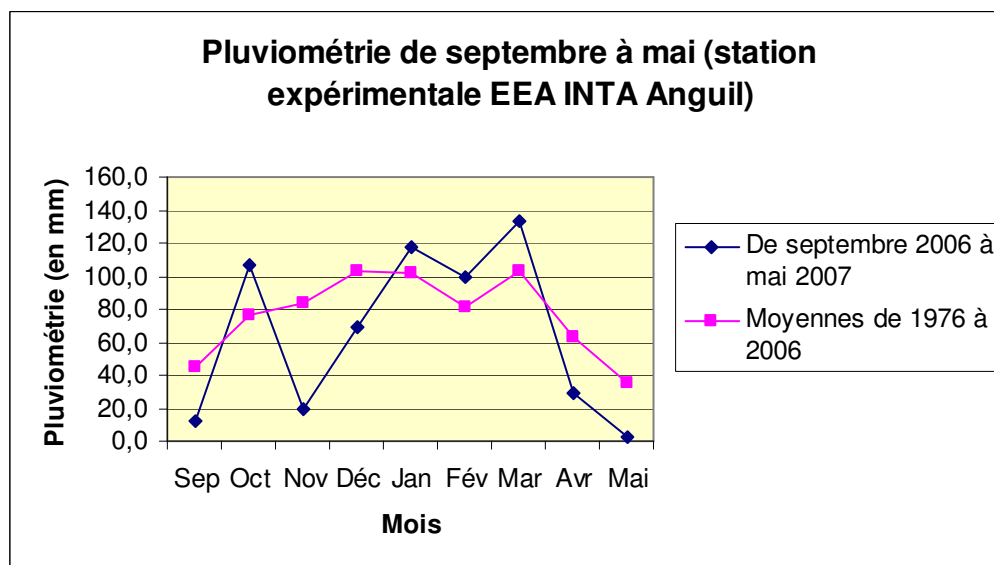
Prélèvements		<i>Haemonchus</i>	Autres genres
26 déc 2006		100 %	
28 fév 2007		99,999 %	<i>Trichostrongylus</i> (0,001%)
7 mar 2007	Mâles	99,999 %	<i>Trichostrongylus</i> (0,001%)
	Femelles	100 %	
25 avr 2007	Mâles	99,999 %	<i>Trichostrongylus</i> (0,001%)
	Femelles	99,999 %	<i>Teladorsagia</i> (0,001 %)

## 5. Discussion

### 5.1. Niveau d'infestation

L'observation tardive de niveaux d'infestation exploitables (>1000 OPG) et le faible niveau d'infestation observé au 26 décembre 2006 (moyenne de 1 018 OPG) sont en grande partie explicables par les conditions météorologiques rencontrées à cette période de l'année 2006, ainsi que l'illustre la figure 26.

**Figure 26 : Pluviométrie sur la station expérimentale EEA INTA Anguil de septembre 2006 à mai 2007, et moyennes de pluviométrie des 30 dernières années.**



La courbe de pluviométrie correspondant à la période de l'étude montre une chute importante de la pluviométrie au mois de novembre, nettement en dessous de la moyenne de pluviométrie de ces 30 dernières années. Cette valeur, de 19,4 mm est d'ailleurs la valeur la plus faible rencontrée au cours d'un mois de novembre depuis 1960.

Les animaux ont été sevrés en novembre 2006. Les faibles pluies de cette époque n'ont donc pas pu permettre le développement des œufs de nématodes en larves infestantes sur les pâtures, et l'infestation parasitaire en a donc été fortement altérée, d'où les faibles valeurs d'OPG observées en décembre 2006. Par la suite, les pluies s'étant faites plus importantes, le niveau de parasitisme a pu augmenter et permettre les prélèvements suivants.

Il faut également noter l'efficacité du traitement pratiqué sur les animaux le 7 mars 2007. En effet, comme on peut l'observer sur la figure 16, une chute considérable des valeurs d'OPG a pu être observée suite à ce traitement. Cela confirme donc l'hypothèse de non-résistance des nématodes au lévamisole dans la station expérimentale de l'INTA.

## **5.2. Corrélation entre les différents prélèvements**

La figure 22, présentée plus haut, semble illustrer une corrélation positive entre l'infestation parasitaire au 26 décembre et au 28 février. Cependant, le coefficient de détermination  $R^2$  n'est que de 0,1961, ce qui signifie que seulement 20% de la variabilité des valeurs d'OPG du 28 février peut s'expliquer par les valeurs obtenues au 26 décembre. Etant donnée l'explication donnée dans le paragraphe précédent (5.1) sur le niveau d'infestation particulièrement bas à la première date de prélèvement, on comprend que plusieurs facteurs soient intervenus dans la modification qui a eu lieu entre les deux premières dates, et que le coefficient de détermination ne soit que de 20%. Cela étant, il est donc difficile d'interpréter le sens de la pente de la droite de régression.

Pour la figure 23, on a un coefficient de détermination de 0,5114. Cela signifie que plus de 50% de la variabilité des valeurs obtenues lors du prélèvement du 7 mars peut s'expliquer par les valeurs obtenues au 28 février. On peut donc se permettre d'interpréter la pente positive de la droite de régression: si le niveau d'infestation parasitaire est haut au 28 février, il l'est également au 7 mars, et inversement. Cette interprétation est cohérente dans la mesure où ces deux séries de prélèvements ne sont séparées que d'une semaine.

La figure 24, présentée plus haut, semble illustrer une corrélation négative. Cependant, le coefficient de détermination  $R^2$  n'est que de 0,0195. Cela signifie que seul 1,95% de la variabilité des valeurs d'OPG du 25 mars peut s'expliquer par les valeurs obtenues au 7 mars. Il devient donc difficile d'interpréter ce coefficient de corrélation négatif.

## **5.3. Effets de la taille de la portée et de l'âge**

Le fait que les individus issus d'une portée de triplés soient significativement plus affectés par les parasites que les individus d'une portée de jumeaux peut s'expliquer par la protection immunitaire apportée par la mère via le colostrum à la naissance. L'accès à la mamelle à la naissance est plus facile pour 2 individus que pour 3. En outre, la quantité de colostrum distribué est proportionnellement plus importante pour 2 agneaux que pour 3.

De même, l'observation d'une influence de l'âge sur le parasitisme s'explique par la protection immunitaire acquise par l'agneau après une exposition répétée aux parasites. De ce fait, à une même date, il est normal qu'un animal plus âgé soit moins infesté qu'un animal plus jeune, du moins durant les premiers mois de vie, lorsque la réponse immunitaire propre de l'agneau se met en place.

## **5.4. Remarque sur la catégorisation effectuée sur les variables poids et âge**

Les variables poids et âge, variables quantitatives, ont été transformées en variables qualitatives à 3 valeurs, en utilisant la moyenne  $\pm$  un écart-type, pour faciliter l'analyse des données. Bien que la catégorisation de variables soit un élément utile pour faciliter l'interprétation de résultats et, dans certains cas, contourner les problèmes liés à l'application de certains modèles statistiques, il est possible que cela constitue un biais dans l'évaluation des différentes associations analysées (Cumsille et al., 2000).

## **5.5. Effet père**

### **5.5.1. Au 7 mars 2007**

On observe un effet « père » sur les valeurs d'OPG à la date du 7 mars 2007.

En regardant les intervalles de confiance présentés sur le tableau 4, on peut voir que les valeurs obtenues pour le père S303 sont significativement inférieures aux valeurs obtenues pour les pères S126 ( $p=0,0020$ ), S3 ( $p=0,0019$ ) et S181 ( $p=0,0065$ ). Les intervalles de confiance des autres pères présentés se chevauchent : ils ne sont donc pas significativement différents. Cependant, les p-values obtenues pour ces comparaisons sont proches de 0,05. Ces résultats suggèrent donc l'existence d'une réelle différence d'infestation parasitaire selon le père.

### **5.5.2. Pour toutes les dates**

On obtient une p-value de 0,1529 en ce qui concerne l'effet « père » : on ne peut donc normalement pas affirmer son existence à partir des résultats obtenus.

Cependant, en exploitant toutes les dates de prélèvements, on constate que les pères à la descendance la plus parasitée et les pères à la descendance la moins parasitée coïncident bien avec ceux mis en évidence à partir des seuls résultats du 7 mars 2007.

En regardant les intervalles de confiance présentés sur le tableau 5, on voit que les intervalles de confiance se chevauchent : objectivement, il n'est donc pas possible de différencier les pères présentés. Cependant, les p-values obtenues pour ces comparaisons sont elles aussi proches de 0,05, ce qui suggère une fois encore l'existence d'une réelle différence d'infestation parasitaire selon le père.

### **5.5.3. Qu'en penser ?**

Un éventuel effet "père" n'est mis en évidence qu'une seule fois dans toute l'étude: lors des prélèvements du 7 mars 2007. Plusieurs points peuvent expliquer ces résultats.

En ce qui concerne la première série de prélèvements (le 26 décembre 2006), étant données les conditions climatiques expliquées plus haut (5.1) et le très bas niveau d'infestation parasitaire en résultant, il est logique que les résultats obtenus pour cette date

soient peu exploitables. De plus, il est possible que les animaux aient été encore un peu jeunes à cette date pour exprimer des différences de potentiel.

Pour les autres dates de prélèvements (28 février et 25 avril 2007), rappelons qu'il s'agit d'infestation naturelle et que d'un point de vue quantitatif, l'infestation n'est absolument pas contrôlée. Il est donc possible que certains animaux aient pâture dans des zones plus contaminées que d'autres, et que leur haut niveau de parasitisme soit donc du à ce phénomène plus qu'à un effet "père", et inversement. Il s'agit là d'un biais important dans l'interprétation des résultats.

Comme nous l'avons vu dans la synthèse bibliographique de cette thèse, le nombre d'OPG est un caractère héritable, et des reproducteurs peuvent donc être sélectionnés en fonction du comptage d'OPG de leur descendance. Mais le caractère naturel de l'infestation parasitaire dans cette étude empêche de mettre clairement en évidence un effet "père" à toutes les dates de prélèvements.

Enfin, il faut noter un autre défaut à l'interprétation des résultats: quelques éléments "perdus". Prenons pour exemple le père 0188 qui, à deux reprises, au 26 décembre 2006 et au 25 avril 2007, pourrait apparaître comme père sensible sur les figures 17 et 20. Alors que l'étude plus poussée de sa descendance pourrait être particulièrement intéressante, le fait que ses descendants n'aient été prélevés qu'à deux dates sur quatre, et qu'ils ne soient que 5 au total, rend tout résultat non significatif.

Il y a donc dans cette étude quelques lacunes directement liées au non-contrôle des accouplements puis des infestations, qui biaisent les résultats et leur interprétation. Ces lacunes ne sont pas à négliger mais n'empêchent pas pour autant d'envisager la sélection de pères résistants.

## 5.6. Coprocultures

L'infestation des animaux a été quasi-exclusivement due à *Haemonchus contortus*. On peut considérer que la sélection va s'effectuer plus précisément sur la résistance à *H. contortus*, parasite le plus pathogène dans ces régions. La résistance à un genre d'helminthe semblant être le plus souvent associée à la résistance à plusieurs autres genres (Kassai et Sréter, 1992), il est probable qu'une sélection sur la résistance à *H. contortus* permette également d'augmenter la résistance aux autres genres de nématodes (Gruner et al., 2004).

D'un point de vue qualitatif, les résultats de cette étude peuvent donc se comparer aux études effectuées avec infestations expérimentales à *Haemonchus contortus*. Cependant, comme nous l'avons exposé précédemment (cf 5.5.3), contrairement à des conditions expérimentales, d'un point de vue quantitatif, l'infestation n'est absolument pas contrôlée: certains animaux ont pu s'infester plus que d'autres, et la variabilité des valeurs d'OPG est également influencée par ce phénomène.

## 6. Perspectives

L'étude menée à la station expérimentale de l'INTA Anguil, même si elle ne permet pas d'obtenir des résultats idéaux (i.e. un effet père significatif pour tous les prélèvements), suggère tout de même la possibilité de sélection d'ovins reproducteurs mâles résistants aux infestations par les nématodes gastro-intestinaux. Cette étude sert actuellement de base à deux projets répondant aux objectifs définis en introduction.

## **6.1. Création d'une lignée d'ovins Pampinta résistante**

Le premier objectif à atteindre est la création d'une lignée résistante aux infestations parasitaires à partir des individus reproducteurs identifiés comme étant résistants dans cette étude. La création d'une telle lignée pourrait permettre, après plusieurs générations, la mise à disposition d'animaux résistants pour les éleveurs de Pampinta.

A court terme, les chercheurs de la station d'Anguil prévoient d'utiliser les reproducteurs catégorisés comme résistants dans cette étude pour effectuer un autre essai semblable à celui décrit dans ce rapport afin de confirmer ou infirmer leur caractère de résistance et pouvoir ensuite utiliser leur descendance. Cependant, suite à d'importants changements dans la structure humaine de l'INTA et la gestion de la bergerie, de nombreux animaux ont été vendus à des éleveurs avant même l'obtention des résultats de cette étude et l'idée de la mise en place d'essais ultérieurs reste encore en suspens.

## **6.2. Recherche de QTL**

Dès l'obtention des premiers résultats de ce travail, certains des pères résistants et des pères sensibles ont subi un prélèvement sanguin. Ces prélèvements sont actuellement à l'étude à Buenos Aires, en vue de l'identification de QTL associés à la résistance aux nématodes pouvant permettre à l'avenir la facilitation de la sélection, mais aucun résultat n'a encore pu être obtenu.

## CONCLUSION

La résistance des nématodes gastro-intestinaux aux anthelminthiques chez les ovins constitue un réel problème pour les éleveurs argentins. Dans certaines régions d'Argentine, les enquêtes montrent que plus d'un élevage sur deux est affecté par ce problème. Plusieurs solutions existent, parmi lesquelles la création de lignées d'ovins résistants aux nématodes.

Les travaux menés à la station expérimentale de l'INTA Anguil, La Pampa, Argentine, et les résultats obtenus jusqu'à présent permettent d'envisager la sélection d'individus génétiquement résistants aux infestations parasitaires (nématodes gastro-intestinaux) au sein de la race Pampinta. Les conditions de réalisation de cette étude n'étaient pas idéales et ont probablement biaisé les résultats obtenus. Mais en dépit de cela et bien que des études complémentaires restent encore à réaliser avant de pouvoir effectivement mettre sur le marché une telle lignée, la sélection semble partir sur de bonnes bases.

Ces travaux répondent au besoin croissant de l'Argentine de pallier au problème de résistance des nématodes aux anthelminthiques existants. Bien que n'étant encore que peu répandue, en raison des difficultés pratiques ainsi que du temps nécessaire à sa mise en place, la sélection génétique d'individus résistants présente de nombreux avantages et constitue un espoir important pour les éleveurs d'ovins.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AHOUSSOU S.

Effet du loperamide sur l'efficacité de l'ivermectine et de la moxidectine dans le traitement des strongyloses gastro-intestinales chez les bovins en Argentine.  
Th. : Med. Vet.: Toulouse : 2007; 056. 110 pp.

ANZIANI O.S., SUAREZ V.H., GUGLIELMONE A.A., et al.

Resistance to benzimidazole and macrocyclic lactone anthelmintics in cattle nematodes in Argentina.  
*Vet. Parasitol.*, 2004, **122**, 4, 303-306

ANZIANI O.S., FIEL C.A.

Resistencia de los nematodos gastrointestinales a los antihelminticos : un problema emergente relevante para la producción bovina nacional.  
*Estudio FAO – Resistencia a los antiparasitarios internos en Argentina*, 2005, 40-49  
Roma, ISSN 1014-200  
Available from Internet:  
<http://cni.inta.gov.ar/helminto/pdf%20Resistencia/Anziani.pdf>

ATHANASIADOU S., KYRIAZAKIS I., JACKSON F., et al.

Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep : in vitro and in vivo studies.  
*Vet. Parasitol.*, 2001, **99**, 3, 205-219

BAKER R.L.

Résistance génétique des petits ruminants aux helminthes en Afrique.  
*INRA Prod. Anim.*, 1997, **10**, 99-110

BEH K.J., HULME D.J., CALLAGHAN M.J. et al.

A genome scan for quantitative trait loci affecting resistance to *Trichostrongylus colubriformis* in sheep.  
*Anim. Genet.*, 2002, **33**, 97-106

BISHOP S.C., MORRIS C.A.

Genetics of disease resistance in sheep and goats.  
*Small Rum. Res.*, 2007, **70**, 48-59

BISSET S.A., VLASSOF. A., WEST C.J.

In: Proceedings 21<sup>st</sup> seminar of the sheep and beef society.  
New Zealand Veterinary Society, 1991, **83**.

CABARET J.

Parasitisme helminthique en élevage biologique ovin : réalités et moyens de contrôle.  
*INRA Prod. Anim.*, 2004, **17**(2), 145-154



- CARACOSTANTOGOLO J., CASTAÑO R., CUTULLE CH., et al.  
 Evaluacion de la resistencia en rumiantes en Argentina.  
*Estudio FAO – Resistencia a los antiparasitarios internos en Argentina*, 2005.  
 Roma, ISSN 1014-200.  
 Available from Internet:  
<http://cniia.inta.gov.ar/helminto/pdf%20Resistencia/Caracostantogolo.pdf>
- COCKETT N., BISHOP S.C., DAVIES G., et al.  
 Use of QTL to Determine Parasite Resistance in Sheep.  
 Ann. Meet. Am. Soc. Anim. Sci.  
 Cincinnati, Ohio, USA, 2005, Juillet 24-28
- COOP R.L., HOLMES P.H.  
 Nutrition and parasite interaction.  
*Int. J. Parasitol.*, 1996, **26**, 8-9, 951-962
- CUMSILLE F., BANGDIWALA S.I.  
 Categorizacion de variables en el analisis estadistico de datos: consecuencias sobre la interpretacion de resultados.  
*Rev. Panam. Salud Publica/Pan. Am. J. Public Health*, 2000, **8** (5)
- DAVIES G., STEAR M.J., BENOTHMAN M., et al.  
 Quantitative trait loci associated with parasitic infection in Scottish Blackface sheep.  
*Heredity*, 2006 Jan 4 : 16391549
- DIEZ-TASCON C., MACDONALD P.A., DODDS K.G., et al.  
 A screen of chromosome 1 for QTL affecting nematode resistance in an ovine outcross population.  
 In: Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Commun.  
 2002, N° 13-37
- DOMINIK S.  
 Quantitative trait loci for internal nematode resistance in sheep: a review.  
*Genet. Sel. Evol.*, 2005, **37** (suppl.1), S83-S96
- DOUCH P.G.C., GREEN R.S., MORRIS S.A., et al.  
 Genetic and phenotypic relationships among anti-*Trichostrongylus colubriformis* antibody level, faecal egg count and body weight traits in grazing Romney sheep.  
*Livest. Prod. Sci.*, 1995, **41**, 121-132
- DOUCH P.G.C., GREEN R.S., MORRIS C.A., et al.  
 Phenotypic markers for selection of nematode-resistant sheep.  
*Int. J. Parasitol.*, 1996, **26**, 8-9, 899-911
- DUHART A.P.  
 La produccion ovina en Argentina.  
 2007. (Page consultée le 12 octobre 2007) Adresse URL:  
[http://www.produccionbovina.com/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina/31-ovina\\_argentina.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_ovina/produccion_ovina/31-ovina_argentina.pdf)

ELARD L.

La résistance aux benzimidazoles chez *Teladorsagia circumcincta*, nématode parasite de petits ruminants. Etude du déterminisme génétique et recherche des conséquences sur la fitness des parasites.

Th. D. : Environnement et santé : Tours, I.N.R.A. : 1998

Available from Internet : <http://wcentre.tours.inra.fr/urbase/internet/theses/elard/>

ENTROCASSO C.

Aspectos de manejo que limitan el desarrollo de resistencia parasitaria a drogas.

*Estudio FAO – Resistencia a los antiparasitarios internos en Argentina*, 2005, 50-52  
Roma. ISSN 1014-200.

Available from Internet:

<http://cniia.inta.gov.ar/helminto/pdf%20Resistencia/Entrocasso.pdf>

FIEL C.A., SAUMELL C.A., STEFFAN P.E., et al.

Resistance of *Cooperia* to ivermectin treatments in grazing cattle of the Humid Pampa, Argentina.

*Vet. Parasitol.*, 2001, **97**, 3, 213-219

GAMBLE H.R., ZAJAC A.M.

Resistance of St. Croix lambs to *Haemonchus contortus* in experimentally and naturally acquired infections.

*Vet. Parasitol.*, 1992, **41**, 211-225

GAULY M., ERHARDT G.

Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Rhön sheep following natural infection.

*Vet. Parasitol.*, 2001, **102**, 3, 253-259

GRUNER L., CABARET J.

Resistance of sheep and goats to helminth infections: a genetic basis.

E.F. Thomson and F.S. Thomson (eds), *Increasing Small Ruminant Productivity in Semi-Arid Areas* (c) 1988 ICARD

Printed in the Netherlands. ISBN 0898383862

GRUNER L., AUMONT G., GETACHEW T. et al.

Experimental infection of Black Belly and INRA 401 straight and crossbred sheep with trichostrongyle nematode parasites.

*Vet. Parasitol.*, 2003, **116**, 239-249

GRUNER L., BOUIX J., BRUNEL J.C.

High genetic correlation between resistance to *Haemonchus contortus* and to *Trichostrongylus colubriformis* in INRA 401 sheep.

*Vet. Parasitol.*, 2004, **119**, 1, 51-58

KASSAI T., SRETER T.

Genetic aspects of host resistance.

*Res. Rev. Parasitol.*, 1992, **52**, 3-4, 67-75

LACROUX C.

Régulation des populations de Nématodes gastro-intestinaux (*Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis*) dans deux races ovines, INRA 401 et Barbados Black Belly.

Th. D. : Qualité et sécurité des aliments : Toulouse, I.N.P. : 2006 ; 2346. 233 pp.

Available from Internet :

<http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000299/01/lacroux.pdf>

LAHLOU-KASSI A., TEMBELY S., BAKER R.L.

Résistance génétique des animaux aux maladies: cas de parasitoses gastro-intestinales chez les petits ruminants.

In: Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Biotechnologies du diagnostic et de la prévention des maladies animales.

Paris (c) 1994, 295-304

MARTIN R.J.

Review. Modes of Action of Anthelmintic Drugs.

*Vet. J.*, 1997, **154**, 11-34

MCEWAN J.C.

WormFEC™ Breeding sheep resistant to roundworm infection: BREEDERS' MANUAL.

Edited by New Zealand Pastoral Agriculture Research Institute. 1994, 33 pp.

MIN B.R., BARRY T.N., ATTWOOD G.T., et al.

The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a view.

*Anim. Feed. Sci. Technol.*, 2003, **106**, 1-4, 3-19

MITREVA M., ZARLENGA D.S., MCCARTER J.P. et al.

Parasitic nematodes – From genomes to control.

*Vet. Parasitol.*, 2007, **148**, 1, 31-42

MORRIS C.A., et al.

Continued selection of Romney sheep for resistance or susceptibility to nematode infection : estimates of direct and correlated responses.

*Anim. Sci.*, 2000, **70**, 17-27

MUELLER J.

Introduccion a la produccion ovina Argentina.

2007. (Page consultée le 12 octobre 2007). URL:

[http://www.produccionbovina.com/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina/79-introduccion\\_produccion\\_ovina.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_ovina/produccion_ovina/79-introduccion_produccion_ovina.pdf)

NARI A., EDDI C., MARTINS J.R., et al.

Resistencia a los Antiparasitarios : Estado actual con énfasis en América Latina.

*Estudio FAO*, 2003, **157**, 59 pp.

Roma, ISSN 1014-1200.

Available from Internet: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4813s/y4813s00.pdf>

- PATERSON K.A., MCEWAN J.C., DODDS K.G., et al.  
 Fine mapping a locus affecting host resistance to internal parasites in sheep.  
*Proc. Advmnt. Anim. Breed. Genet.*, 2001, **13**, 91-94.
- PIPER L.R.  
 Genetic variation in resistance to internal parasites.  
In: McGuirk, B.J. (Ed.) Merino Improvement Program In Australia, Australian Wool Corporation.  
 Sydney, 1987, 351-363
- PRICHARD R.K.  
 Is anthelmintic resistance a concern for heartworm control ? What can we learn from the human filariasis control programs?  
*Vet. Parasitol.*, 2005, **133**, 243-253
- ROTHWELL T.L.W., WINDON R.G., HORSBURGH B.A., et al.  
 Relationship between eosinophilia and responsiveness to infection with *Trichostrongylus colubriformis* in sheep.  
*Int. J. Parasitol.*, 1993, **23**, 2, 203-211
- SHOOP W.L., MROZIK H., FISHER M.H.  
 Structure and activity of avermectins and milbemycins in animal health.  
*Vet. Parasitol.*, 1995, **59**, 2, 139-156
- SMITH G., GRENFELL B.T., ISHAM V., et al.  
 Anthelmintic resistance revisited: under-dosing, chemoprophylactic strategies, and mating probabilities.  
*Int. J. Parasitol.*, 1999, **29**, 1, 77-91
- STEAR M.J., MURRAY M.  
 Genetic resistance to parasitic disease: particularly of resistance in ruminants to gastrointestinal nematodes.  
*Vet. Parasitol.*, 1994, **54**, 161-176
- SUAREZ V.H.  
 Diagnostico de las parasitosis internas de los rumiantes en la region de invernada. Interpretacion y técnicas.  
*Bol. Divulgacion Técnica (INTA Anguil)*, 1997, **57**
- SUAREZ V.H. BUSETTI M.R.  
 Lecheria ovina y aptitud lechera de la raza Pampinta.  
*Bol. Divulgacion Técnica (INTA Anguil)*, 1999, **63**
- TOWNSEND L.B., WISE D.S.  
 The synthesis and chemistry of certain anthelmintic benzimidazoles.  
*Parasitol. Today*, 1990, **6**, 107-112

VLASSOF A.

Biology and population dynamics of the free living stages of gastrointestinal nematodes of sheep.

In: Ross AD (ed). *Control of Internal Parasites of Sheep – an Animal Industries Workshop*, 11-20.

Lincoln College, Lincoln, 1982

WAGHORN T.S., LEATHWICK D.M., CHEN L.-Y., et al.

Efficacy of the nematode-trapping fungus *Duddingtonia flagrans* against three species of gastro-intestinal nematodes in laboratory faecal cultures from sheep and goats.

*Vet. Parasitol.*, 2003, **118**, 3-4, 227-234

WALLER P.J.

Sustainable helminth control of ruminants in developing countries.

*Vet. Parasitol.*, 1997, **71**, 2-3, 195-207

WINDON R.G.

Genetic control of resistance to helminths in sheep.

*Vet. Immunol. Immunopathol.*, 1996, **54**, 245-254

WOOLASTON R.R., BARGER I.A., PIPER L.R.

Response to helminth infection of sheep selected for resistance to *Haemonchus contortus*.

*Int. J. Parasitol.*, 1990, **20**, 8, 1015-1018

WOOLASTON R.R.

Selection of Merino sheep for increased and decreased resistance to *Haemonchus contortus*: peri-parturient effects on faecal egg counts.

*Int. J. Parasitol.*, 1992, **22**, 947-953

WOOLASTON R.R., ELWIN R.L., BARGER I.A.

No adaptation of *Haemonchus contortus* to genetically resistant sheep.

*Int. J Parasitol.*, 1992, **22**, 3, 377-380

# ANNEXE: Loi 25.422 de la République Argentine pour “la récupération de l’activité ovine

## LEY PARA LA RECUPERACION DE LA GANADERIA OVINA Ley 25.422

Régimen para la recuperación de la ganadería ovina. Beneficiarios Autoridad de aplicación, coordinador nacional y Comisión Asesora Técnica. Creación del Fondo Fiduciario para la Recuperación de la Actividad Ovina. Adhesiones provinciales. Infracciones y sanciones.

**Sancionada:** Abril 4 de 2001.

**Promulgada de Hecho:** Abril 27 de 2001

El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina reunidos en Congreso, etc. sancionan con fuerza de Ley:

LEY PARA LA RECUPERACION DE LA GANADERIA OVINA

### TITULO I

#### Generalidades

#### CAPITULO I

##### Alcances del régimen

ARTICULO 1º - Institúyese un régimen para la recuperación de la ganadería ovina, que regirá con los alcances y limitaciones establecidas en la presente ley y las normas complementarias que en su consecuencia dicte el Poder Ejecutivo nacional, destinado a lograr la adecuación y modernización de los sistemas productivos ovinos que permita su sostenibilidad a través del tiempo y consecuentemente, permita mantener e incrementar las fuentes de trabajo y la radicación de la población rural.

Esta ley comprende la explotación de la hacienda ovina que tenga el objetivo final de lograr una producción comercializable ya sea de animales en pie, lana, carne, cuero, leche, grasa, semen, e mbriones u otro producto derivado, y que se realice en cualquier parte del territorio nacional, en tierras y en condiciones agroecológicas adecuadas.

ARTICULO 2º - Las actividades relacionadas con la ganadería ovina comprendidas en el régimen instituido por la presente ley son: la recomposición de las majadas, la mejora de la productividad, la intensificación racional de las explotaciones, la mejora de la calidad de la producción, la utilización de tecnología adecuada de manejo extensivo, la reestructuración parcelaria, el fomento a los emprendimientos asociativos, el mejoramiento de los procesos de esquila, clasificación y acondicionamiento de la lana, el control sanitario, el aprovechamiento y control de la fauna silvestre, el apoyo a las pequeñas explotaciones y las acciones de comercialización e industrialización de la producción realizadas en forma directa por el productor o a través de cooperativas u otras empresas de integración vertical donde el productor tenga una participación directa y activa en su conducción.

ARTICULO 3º - La ganadería ovina deberá llevarse a cabo mediante el uso de prácticas enmarcadas en criterios de sustentabilidad de los recursos naturales. La autoridad de aplicación exigirá, entre otros requisitos, la determinación inicial de la receptividad ganadera de los establecimientos en los cuales se llevará a cabo el plan de trabajo o el proyecto de inversión y exigirá periódicas verificaciones de acuerdo a lo que considere conveniente. Asimismo definirá las condiciones que deberán cumplir estos estudios y creará un registro de profesionales que estarán autorizados a realizarlos, los cuales deberán contar con las condiciones de idoneidad que se establezcan.

#### CAPITULO II

#### Beneficiarios

ARTICULO 4º - Serán beneficiarios las personas físicas o jurídicas y las sucesiones indivisas que realicen actividades objeto de la presente ley y que cumplan con los requisitos que establezca su reglamentación.

ARTICULO 5º - A los efectos de acogerse al presente régimen, los productores deberán presentar un plan de trabajo o un proyecto de inversión, dependiendo del tipo de beneficio solicitado, a la autoridad encargada de aplicar este régimen en la provincia en que está ubicado el establecimiento donde se llevará a cabo la explotación. Luego de su revisión y previa aprobación, será remitido a la autoridad de aplicación quien deberá expedirse en un plazo no mayor a los noventa días contados a partir de su recepción; pasado este plazo la solicitud no será aprobada. Las propuestas podrán abarcar periodos anuales o plurianuales.

Quedan exceptuados de este requisito productores que se encuentren en las situaciones previstas en el artículo 21 de esta ley.

ARTICULO 6º - La autoridad de aplicación dará un tratamiento diferencial en los beneficios económicos y en los requisitos a cumplimentar a los productores de hacienda ovina que explotan reducidas superficies o cuentan con pequeñas majadas y que se encuentran con necesidades básicas insatisfechas. Asimismo está autorizada a firmar convenios con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que cumplen funciones de desarrollo de este sector social a los efectos de optimizar la asistencia.

En este caso, la ayuda económica se podrá otorgar a explotaciones que no cumplen con la condición de ser económicamente sustentables pero indefectiblemente deberán llevar a cabo con productores cuyo principal ingreso sea la explotación de hacienda ovina, en tierras agroecológicamente aptas, que cuenten con una cantidad de animales acordes a la capacidad forrajera de las mismas y utilicen prácticas de manejo de la hacienda que no afecten a los recursos naturales.

### CAPITULO III

Autoridad de aplicación, coordinador nacional

y

Comisión Asesora Técnica

ARTICULO 7º - La autoridad de aplicación de la presente ley será la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, pudiendo descentralizar funciones en las provincias conforme a lo establecido en el inciso a) del artículo 22 de la presente ley.

ARTICULO 8º - El secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación designará al funcionario con rango no menor a director para que actúe como coordinador nacional de este régimen para la recuperación de la ganadería ovina, quien tendrá a su cargo la aplicación del mismo.

ARTICULO 9º - Créase en el ámbito de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación la Comisión Asesora Técnica del Régimen para la Recuperación de la Ganadería Ovina (CAT).

ARTICULO 10. - La CAT tendrá funciones consultivas para la autoridad de aplicación y realizará el seguimiento de la ejecución del presente régimen, efectuando las recomendaciones que considere pertinentes para el logro de los objetivos buscados; en especial, al establecerse los requisitos que deberán cumplimentar los productores para recibir los beneficios y al definirse para cada zona agroecológica del país y para cada actividad el tipo de ayuda económica que se entregará. Asimismo, actuará como órgano consultivo para recomendar a la autoridad de aplicación las sanciones que se deberán aplicar a los titulares de los beneficios que no hayan cumplido con sus obligaciones.

ARTICULO 11. - La CAT estará presidida por el secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación y se integrará además por el coordinador nacional del régimen y por los siguientes miembros titulares y suplentes: uno por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; uno por el Servicio de Sanidad y Calidad Agropecuaria; uno por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, uno por cada una de las provincias que adhieran al presente régimen y uno por los productores de cada provincia adherida.

ARTICULO 12.- Todos los miembros de la CAT tendrán derecho a voto. El secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación será reemplazado como presidente en caso de ausencia o impedimento, por el coordinador nacional del régimen. Las provincias y los organismos integrantes de la comisión podrán reemplazar en cualquier momento a sus representantes. Los miembros suplentes sustituirán a los titulares en caso de ausencia o impedimento de los mismos.

La Comisión Asesora Técnica podrá incorporar para su integración transitoria y en la medida que lo considere necesario, representantes de otras entidades y organismos nacionales, provinciales y privados, los que no contarán con derecho a voto.

ARTICULO 13.- La autoridad de aplicación dictará el reglamento interno de funcionamiento de la Comisión Asesora Técnica.

ARTICULO 14.- La autoridad de aplicación convocará al menos una vez por año a un Foro

Nacional de la Producción Ovina invitando a participar a productores de ganado ovino, legisladores y funcionarios nacionales y provinciales y representantes de entidades y organismos relacionados con la temática del Foro.

El objetivo de las reuniones será analizar la situación del sector y la aplicación del Régimen para la Recuperación de la Ganadería Ovina, efectuando recomendaciones consensuadas que sirvan de orientación a la autoridad de aplicación y a la Comisión Asesora Técnica.

## TITULO II

### De los fondos

ARTICULO 15.- Créase el fondo fiduciario denominado Fondo para la Recuperación de la Actividad Ovina (FRAO), que se integrará con los recursos provenientes de las partidas anuales presupuestarias del Tesoro nacional previstas en el artículo 17 de la presente ley, de donaciones, de aportes de organismos internacionales, provinciales y de los productores, del recupero de los créditos otorgados con el FRAO y de los fondos provenientes de las sanciones aplicadas conforme a los incisos b) y c) del artículo 23 de la presente ley. Este fondo se constituye en forma permanente para solventar los desembolsos derivados de la aplicación de este régimen para la recuperación de la ganadería ovina.

ARTICULO 16.- El Poder Ejecutivo incluirá en el Presupuesto de la administración nacional durante diez años a partir de la publicación de la presente ley, un monto anual a integrar en el FRAO el cual no será menor a pesos veinte millones.

ARTICULO 17.- La autoridad de aplicación, previa consulta con la CAT, establecerá el criterio para la distribución de los fondos del FRAO dando prioridad a las zonas agroecológicas del país en las cuales la ganadería ovina tenga una significativa importancia para el arraigo de la población y a los planes de trabajo o proyectos de inversión en los cuales se incremente la ocupación de mano de obra y/o en los que las personas físicas titulares de los beneficios se comprometan a radicarse dentro del establecimiento rural promovido.

Anualmente se podrán destinar hasta el tres por ciento de los fondos del FRAO para compensar los gastos administrativos, en recursos humanos, en equipamiento y en viáticos, tanto en el ámbito nacional como provincial y municipal, que demande la implementación, seguimiento, control y evaluación del presente régimen.

## TITULO III

### De los beneficios

ARTICULO 18. - Los titulares de planes de trabajo y proyectos de inversión podrán recibir los siguientes beneficios:

- a) Apoyo económico reintegrable y/o no reintegrable para la ejecución del plan o programa, variable por zona, tamaño de la explotación, tipo de plan o programa y actividad propuesta, según lo determine la autoridad de aplicación, de acuerdo a lo establecido en la reglamentación;
- b) Financiación total o parcial para la formulación del plan de trabajo o proyecto de inversión de los estudios de base necesarios para su fundamentación. Podrá requerirse asistencia financiera para la realización de estudios de evaluación forrajera, de aguas y de suelos, así como de otros estudios necesarios para la correcta elaboración del plan o proyecto;
- c) Subsidio total o parcial para el pago de un profesional de las ciencias agronómicas y/o veterinarias para que lo asesore en las etapas de formulación y ejecución del plan o proyecto propuesto;
- d) Subsidio total o parcial para cubrir los gastos necesarios para la capacitación del productor y de los empleados permanentes del establecimiento productivo para ejecutar la propuesta;
- e) Subsidio a la tasa de interés de préstamos bancarios.

ARTICULO 19. -La autoridad de aplicación, previa consulta con la CAT, podrá destinar anualmente hasta el quince (15) por ciento de los fondos del FRAO para otras acciones de apoyo general a la recuperación de la ganadería ovina que considere convenientes tales como:

- a) Llevar a cabo campañas de difusión de los alcances del presente régimen;
- b) Realizar estudios de mercado y transferir la información a los productores;
- c) Solventar los programas Prolana y Carne Ovina Patagónica de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, u otros equivalentes de carácter nacional o provincial, que tengan como objetivo la búsqueda de una mejora en el sistema de producción ovina;



- d) Realizar acciones tendientes a la apertura y mantenimiento de los mercados;
- e) Apoyar a los gobiernos provinciales en las medidas de control de las especies de animales silvestres predadores de la ganadería ovina;
- f) Apoyar económicamente a los productores ante casos muy graves y urgentes que afecten sanitariamente a las majadas y que superen la capacidad presupuestaria de los organismos nacionales y provinciales específicos correspondientes;
- g) Solventar campañas para incrementar el consumo de carne ovina, de prendas de lana o cuero lanar o de cualquier otro producto derivado de la explotación de la hacienda ovina;
- h) Financiar la realización de estudios a nivel regional de suelos, de aguas y de vegetación, los fines que sean utilizados como base para fundamentar una adecuada evaluación de los planes de trabajo y proyectos de inversión presentados al régimen;
- i) Capacitar a productores, empleados permanentes de los establecimientos dedicados a la actividad ovina, técnicos y a los profesionales involucrados en la formulación y ejecución de los planes y proyectos de inversión presentados a este régimen.

ARTICULO 20.- La autoridad de aplicación, previa consulta con la CAT, podrá destinar anualmente hasta el cincuenta por ciento de los montos disponibles en el Fondo para la Recuperación de la Actividad Ovina, creado en el artículo 16 de la presente ley, para ayudar a los productores de ganado ovino que, en casos debidamente justificados a criterio de la autoridad de aplicación, se encuentren en condiciones de emergencia debido a fenómenos naturales adversos de carácter extraordinario, bajas de precios de la producción a cualquier otra causa que afecte gravemente y en forma generalizada al sector productivo ovino, ya sea en todo el país o en una región en particular, poniendo en peligro la continuidad de las explotaciones. Planteadas las condiciones de emergencia, las ayudas deberán incluir de manera específica y preferencial, a los pequeños productores de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 6º.

Esta ayuda podrá consistir en subsidios, créditos en condiciones favorables o cualquier otra alternativa que la autoridad de aplicación considere conveniente para lograr superar o atenuar la situación de crisis.

Para acogerse a estos beneficios no se requerirá presentar un plan de trabajo o un proyecto de inversión, siendo necesario únicamente que el afectado pruebe su condición de productor ovino en situación de crisis, de acuerdo a los requisitos que establezca la autoridad de aplicación.

ARTICULO 21.- Con relación a los beneficios económico-financieros previstos en el presente capítulo, esta ley tendrá vigencia durante quince años, desde su promulgación o hasta que se utilice la totalidad de los fondos del FRAO, cualquiera haya sido la fecha de aprobación de los planes de trabajo o proyectos de inversión.

#### TITULO IV Adhesión provincial

ARTICULO 22.- El presente régimen será de aplicación en las provincias que adhieran expresamente al mismo. Para acogerse a los beneficios de la presente ley, las provincias deberán:

- a) Designar un organismo provincial encargado de la aplicación del presente régimen, que deberá cumplir con los procedimientos que se establezcan reglamentariamente dentro de los plazos fijados, coordinando las funciones y servicios de los organismos provinciales y comunales encargados del fomento ovino, con la autoridad de aplicación;
  - b) Declarar exentos del pago de impuestos de sellos a las actividades comprendidas en el presente régimen, salvo que la provincia destine los fondos recaudados por este concepto a la implementación de medidas de acción directa a favor de la producción ganadera ovina;
  - c) Respetar la intangibilidad de los planes de trabajo y proyectos de inversión aprobados por la autoridad de aplicación;
  - d) Declarar exentos del pago del impuesto sobre los ingresos brutos u otro que lo reemplace o complemente en el futuro, que graven la actividad lucrativa generada en los planes de trabajo y proyectos de inversión beneficiados por la presente ley;
  - e) Eliminar el cobro de guías u otro instrumento que grave la libre circulación de la producción obtenida en los planes de trabajos o proyectos de inversión comprendidos en la presente ley, salvo aquellas tasas que compensen una efectiva contraprestación de servicios por el estado provincial o municipal, las cuales deberán guardar una razonable proporción con el costo de la prestación realizada. Asimismo podrán preservarse las contribuciones por mejoras, las que deberán guardar una adecuada proporción con el beneficio brindado.
- Al momento de la adhesión las provincias deberán informar taxativamente qué beneficios y

plazos otorgarán.

En los casos que el beneficio contemplado en el inciso e) de este artículo corresponda ser otorgado por una municipalidad, la misma deberá adherir obligatoriamente al régimen aprobado en la presente ley y a las normas provinciales de adhesión, estableciendo taxativamente los beneficios otorgados.

## TITULO V

### Disposiciones complementarias

#### CAPITULO I

##### Infracciones y sanciones

ARTICULO 23 . - Toda infracción a la presente ley y a las reglamentaciones que en su consecuencia se dicten, será sancionada, en forma gradual y acumulativa, con:

- a) Caducidad total o parcial de los beneficios otorgados;
- b) Devolución del monto de los subsidios;
- c) Devolución inmediata del total de los montos entregados como créditos pendientes de amortización.

En todos los casos se recargarán los montos a reintegrar con las actualizaciones, intereses y multas que establezcan las normas legales vigentes en el ámbito nacional;

d) Pago a las administraciones provinciales o municipales de los montos de los impuestos, tasas y/o cualquier otro tipo de contribución provincial o municipal no abonados por causa de la presente ley, más las actualizaciones, intereses y multas de acuerdo a lo que establezcan las normas provinciales y municipales.

La autoridad de aplicación, a propuesta de la comisión asesora, impondrá las sanciones indicadas en los incisos a), b) y c), y las provincias afectadas impondrán las sanciones expuestas en el inciso d) . La reglamentación establecerá el procedimiento para la imposición de las sanciones, garantizando el derecho de defensa de los productores.

#### CAPITULO II

##### Disposiciones finales

ARTICULO 24 .- La presente ley será reglamentada dentro de los ciento ochenta días de publicada en el Boletín Oficial.

ARTICULO 25 .- Comuníquese al Poder Ejecutivo.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL CONGRESO ARGENTINO, EN BUENOS AIRES, A LOS CUATRO DIAS DEL MES DE ABRIL DEL AÑO DOS MIL UNO.

- REGISTRADA BAJO EL Nº 25.422 -

RAFAEL PASCUAL. - FELIPE SAPAG. - Luis Flores Allende. - Juan J. Canals.

Toulouse, 2007

NOM : GUTIERREZ

Prénom : Ramona

TITRE : Sélection de reproducteurs ovins mâles résistants aux nématodes gastro-intestinaux dans La Pampa, Argentine

RESUME : La résistance des nématodes gastro-intestinaux aux traitements anthelminthiques représente un réel problème pour de nombreux pays producteurs d'ovins, tels que l'Argentine. Des méthodes existent pour contourner ce problème mais elles ne sont pas toujours adaptées aux pratiques habituelles d'élevage. A l'heure actuelle, de nombreux efforts sont faits autour de la sélection d'animaux génétiquement résistants aux infestations par les nématodes gastro-intestinaux. Cette thèse expose les travaux expérimentaux réalisés à l'Institut National de Technologie Agricole (INTA) d'Anguil, La Pampa, Argentina. L'étude de l'infestation de 468 agneaux (de race Pampinta) nés en 2006 dans cette station expérimentale a permis de mettre en évidence des différences d'infestation selon le père. Ce travail sert actuellement de base à des études qui visent à créer et commercialiser une lignée ovine résistante dans La Pampa.

MOTS-CLES : PARASITOLOGIE, NEMATODE, OVIN, LA PAMPA, ARGENTINE, RESISTANCE

---

ENGLISH TITLE : Selection of ovine sires resistant to gastro-intestinal nematodes in La Pampa, Argentina

ABSTRACT : Internal nematode resistance in sheep has a large impact on the economy of sheep industries in many countries, such as Argentina, and many alternative methods are available for the control of the parasite nematode infections. However, they are not always easy to adopt. Currently, the most attractive method is the selection of animals genetically resistant to nematode infections, that is what was done in Argentina and what is presented here. This thesis describes the experiment done in the agricultural experimental station of the National Institute of Agricultural Technology (INTA) of Anguil, La Pampa, Argentina. Studying and analysing the infestation levels of the 468 lambs (Pampinta breed) born in this station in 2006, significative differences of infestation between two groups of sires could be observed. Thanks to this experiment, as a base for further studies, the creation and commercialisation of a resistant ovine lineage in La Pampa is now expected.

KEYWORDS : PARASITOLOGY, NEMATODE, OVINE, LA PAMPA, ARGENTINA, RESISTANCE