RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

VetAgro Sup

CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2021 - Thèse n° 013

LES POUX CHEZ LES BOVINS : ETUDE DE LEUR DYNAMIQUE EN ELEVAGE ET MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES MOLECULES UTILISEES DANS LEUR CONTROLE.

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 2 juillet 2021
Pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

Par

BOURGUIGNON Lisa

UNIVERSITÉ DE LYON

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

VetAgro Sup

CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2021 - Thèse n° 013

LES POUX CHEZ LES BOVINS : ETUDE DE LEUR DYNAMIQUE EN ELEVAGE ET MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES MOLECULES UTILISEES DANS LEUR CONTROLE.

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 2 juillet 2021
Pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

Par

BOURGUIGNON Lisa

UNIVERSITÉ DE LYON

Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (01-04-2021)

ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur émérite
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
CAROZZO	Claude	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDOUX	Dorothée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEGROS	Vincent	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOSCA	Marion	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGENTET	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur

REMERCIEMENTS

À Monsieur le Professeur Pierre COCHAT
Professeur à la faculté de Médecine de Lyon,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,
Qu'il reçoive ici l'expression de ma gratitude et de mes hommages respectueux.

À Monsieur le Professeur Lionel ZENNER
Professeur à VetAgro Sup Campus vétérinaire de Lyon,

Pour avoir pris le temps de me guider et de me rassurer tout au long de l'écriture de cette thèse et pour la grande qualité de ses corrections,
Qu'il trouve ici le témoignage de mes remerciements les plus sincères.

À Madame la Professeur Claire BECKER
Professeur à VetAgro Sup Campus vétérinaire de Lyon,

Qui m'a fait l'honneur de participer à mon jury de thèse,
Sincères remerciements.

Table des matières :

TABLE DES ANNEXES **11**

TABLE DES FIGURES **13**

TABLE DES TABLEAUX **15**

LISTE DES ABREVIATIONS **17**

INTRODUCTION **19**

Partie 1 – Bibliographie ***21***

I) Les poux des bovins. **23**

1) Généralités communes aux poux. 23

1.1 - Poux piqueurs et poux broyeurs 23

1.2 - Taxonomie. 23

1.3 - Morphologie générale. 23

1.4 - Œufs/ éclosion. 24

1.5 - Transmission. 24

2) Les poux suceurs. 25

2.1 - Caractéristiques communes aux Anoploures. 25

2.2 - *Linognathus vituli*. 26

2.2.1- Morphologie : 26

2.2.2- Cycle biologique : 27

2.3 - *Haematopinus eurysternus*. 28

2.3.1 - Morphologie : 28

2.3.2 - Cycle biologique : 29

2.4 - *Solenopotes capillatus*. 30

2.4.1 - Morphologie : 30

2.4.2 - Cycle biologique : 31

3) Les poux broyeurs : 32

3.1 - Taxonomie. 32

3.2 – Éléments généraux. 32

3.3- *Damalinia bovis*. 33

3.3.1- Morphologie : 33

3.3.2 - Cycle biologique : 34

II) Dynamique de population des poux chez les bovins. **37**

1) Prévalence dans différents pays 37

2) Saisonnalité des infestations. 39

3) Distribution corporelle. 41

III) Impact des poux chez les bovins. **43**

1) Impact économiques. 43

1.1 – Impacts financiers : 43

1.2 - Impact des poux sur les productions de lait et de viande. 43

1.3 - Impact sur les cuirs : 46

2) Impact médical : 46

2.1 - Les poux, un indicateur de la conduite d'élevage. 46

2.2 - Signes cliniques et bien-être : 47

2.3 - Facteur favorisant d'autres pathologies : 47

2.3.1 L'anémie : 47

2.3.2 Kérato-conjonctivite et papillomatose périorbitaire : 48

2.3.3 Transmission de maladies : 48

IV) Diagnostic et traitements. **49**

1) Établir le diagnostic. 49

1.1 - Quelles méthodes pour observer les poux ? 49

1.2 - Clef de détermination 50

2) Traitements. 52

2.1 – Endectocides. 53

2.1.1 - Lactones macrocycliques. 53

2.2 - Antiparasitaires externes stricts. 54
2.2.1 - Pyréthrinoïdes. 54
2.2.2 – Autres. 54
2.3 - Les limites. 57
2.3.1 Les effets environnementaux. 57
2-3-2 Les résistances. 58
3) Méthodes alternatives 59

V) Article de vulgarisation : Phtirioses bovines : traitement et gestion des échecs aux traitements (Bourguignon *et al,* 2020). 61

Partie 2 : partie expérimentale. 67

I) Étude expérimentale de la dynamique de population des poux 69
1 – Introduction. 69
2 – Matériel et méthodes. 70
2.1. Sélection et description des élevages 70
2.2 Méthode. 70
3 - Résultats. 71
4 - Discussion. 73

II) Analyse des études portant sur les molécules utilisées dans le contrôle des phtirioses des ruminants. 77
1) Introduction. 77
2) Matériel et méthode 77
3) Résultats et discussion. 78
3.1 – Efficacité des différentes molécules : 79
3.1.1 – Les pyréthrinoïdes. 79
3.1.2 – Les lactones macrocycliques. 84
3.1.2 – Les autres molécules. 90
3.2 – Les études de rémanence. 92
3.3 – Les études de résistances. 94

CONCLUSION 99

Bibliographie : 101

ANNEXE : 111

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : avis du comité éthique sur la thèse expérimentale.....111

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma des pièces buccales de *Pediculus humanus*.....25

Figure 2 : Schéma de *Linognathus vituli* (Price and Graham 1997).....27

Figure 3 : *Linognathus vituli* à différents stades (adulte, nymphe et lente) : observation à la loupe binoculaire.....27

Figure 4 : Lente de *Linognathus vituli*, laissant voir par transparence une larve : observation à la loupe binoculaire.....28

Figure 5 : Schéma d'Ha*ematopinus eurysternus* (Price and Graham 1997).....29

Figure 6 : *Haematopinus eurysternus* à différents stades : adulte, nymphe et lente (observation à la loupe binoculaire) 29

Figure 7 : Schéma de *Solenopotes capillatus* (Price and Graham 1997).....30

Figure 8 : Observation à la loupe binoculaire du stade adulte de *Solenopotes capillatus*.....31

Figure 9 : Schéma d'un œuf de *Solenopotes capillatus* (Price and Graham 1997).....31

Figure 10 : Schéma des différents types de tête selon les sous-ordres (Price and Graham 1997).....32

Figure 11 : Schéma de *Damalinia bovis* (Price and Graham 1997).....33

Figure 12 : Observation à la loupe binoculaire des stades adulte et nymphal de *Damalinia bovis*.....34

Figure 13 : Schéma de l'anatomie de *Damalinia bovis* (Price and Graham 1997).....34

Figure 14 : observation à la loupe binoculaire et schéma (Price and Graham 1997) d'un œuf de *Damalinia bovis* fixé à un poil.....35

Figure 15 : Infestations selon les mois de l'année (Milnes and Green 1999).....39

Figure 16 : Nombre de poux selon les mois de l'année (Milnes, O'Callaghan and Green 2003).....40

Figure 17 : Répartition corporelle des poux selon l'espèce (Watson, Lloyd and Kumar 1997).....42

Figure 18 : Photographie de signes cliniques causés par *Haematopinus eurysternus*.....47

Figure 19 : Clef de diagnose des poux retrouvés sur les bovins en France.....50

Figure 20 : Article de vulgarisation écrit à destination des vétérinaires praticiens (Bourguignon *et al* 2020).....66

Figure 21 : schéma de la localisation des sites de prélèvements.....71

Figure 22 : Histogramme des résultats issus de la ferme A.....72

Figure 23 : Histogramme des résultats issus de la ferme B.....73

Figure 24 : organigramme du dénombrement et de la sélection des articles.....78

L'ensemble des photographies présentes (excepté la figure 21) ont été réalisées lors de ce travail de thèse dans la clinique du docteur vétérinaire Jacques DEVOS (Panissière) par lui ou par moi-même.

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Spécialités avec une AMM contre les poux commercialisées en France en 2020 (Bourguignon *et al* 2020).....57

Tableau II : Synthèse des différentes études concernant les pyréthrinoïdes menées sur les poux des bovins.....80

Tableau III : Synthèse des différentes études concernant les pyréthrinoïdes menées sur les poux des ovins.....82

Tableau IV : Synthèse des différentes études concernant les pyréthrinoïdes menées sur les poux des caprins.....84

Tableau V : Synthèse des différentes études concernant les lactones macrocycliques menées sur les poux des bovins.....87

Tableau VI : Synthèse des différentes études concernant les lactones macrocycliques menées sur les poux des ovins et caprins.....89

Tableau VII : Synthèse des différentes études étudiant la rémanence.....93

Tableau VIII : Synthèse des différentes études menées *in vitro* sur les résistances des poux chez les ruminants.....96

LISTE DES ABREVIATIONS

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

B. : *Bovicola*

cm : centimètre

D. : *Damalinia*

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane

Etc. : *et cætera*

GMQ : Gain Moyen Quotidien

GTV : Groupement technique vétérinaire

H. : *Haematopinus*

L. : *Linognathus*

µg : microgramme

mg : milligramme

mL : millilitre

mm : millimètre

RCP : Résumé des Caractéristiques du Produit

S. : *Solenopotes*

spp : plusieurs espèces

INTRODUCTION

Les poux sont des parasites qui infestent les troupeaux d'animaux domestiques du monde entier. Les bovins comme les petits ruminants, aussi bien allaitants que laitiers, peuvent être touchés. Les genres principalement rencontrés sont *Haematopinus*, *Linognathus*, *Solenopotes*, et *Damalinia*.

Outre un souci de bien-être animal, il s'agit également d'une source majeure de perte économique. Toutefois, malgré l'importance et la récurrence du problème dans nos élevages, la littérature sur le sujet n'est pas très importante et encore moins sur la dynamique de population des poux chez les ruminants. En effet, il n'existe que très peu d'articles sur la dynamique de population de ces espèces. Peu d'informations sont notamment disponibles sur les lieux de présence des différentes espèces selon la période de l'année.

De plus, malgré l'existence sur le marché de nombreuses molécules dans le traitement des poux chez les ruminants, des résistances sont en train d'émerger. Ces différents traitements ainsi que les résistances décrites sont assez bien documentés.

Ce travail, dans une première partie bibliographique, se penchera sur les données disponibles dans la littérature afin d'établir une synthèse la plus exhaustive possible sur les poux chez les bovins ainsi que des traitements disponibles pour le praticien.

Puis, dans sa partie expérimentale, cette thèse tentera également de répondre aux interrogations concernant le lieu et la période de présence des différentes espèces de poux sur les bovins à partir d'observations en élevage. Nous nous attarderons par la suite sur les données concernant les études menées sur les traitements contre les poux et l'émergence de résistances en réalisant une synthèse sur le sujet en s'inspirant de la démarche d'une revue systématique.

Partie 1 – Bibliographie.

I) Les poux des bovins.

1) Généralités communes aux poux.

1.1 - Poux piqueurs et poux broyeurs.

Les poux, ou Phtiraptères, sont divisés en deux groupes : les poux piqueurs et les poux broyeurs. Les poux piqueurs sont des parasites obligatoires des mammifères, tandis que les poux broyeurs sont des parasites obligatoires des oiseaux, des marsupiaux et des mammifères.

Les poux broyeurs se nourrissent essentiellement de débris de peau et de plumes. Les poux piqueurs sont hématophages et ont un effet plus délétère sur leur hôte, notamment par la transmission de pathogènes (Mullen and Durden 2019).

Les poux piqueurs, comme les poux broyeurs, possèdent un haut niveau de spécificité d'hôte, au sein duquel ils vivent parmi les poils ou les plumes. De l'œuf à l'adulte, tous les stades de développement se déroulent sur l'hôte (Bowman 2013). Le parasite ne quitte son hôte que pour aller infester un autre individu (Colebrook and Wall 2004).

1.2 - Taxonomie.

D'un point de vue purement taxonomique, les Phtiraptères sont divisés en quatre sous-groupes : les Anoploures, les Amplycera, les Ischnocera et les Rhynchophtririna. Les Anoploures sont des poux piqueurs tandis que les trois derniers sous-ordres sont des poux broyeurs, souvent regroupés sous un terme unique : les Mallophages. Cependant, il est pertinent de les séparer phylogénétiquement parlant (Mullen and Durden 2019).

Les poux piqueurs et les poux broyeurs ont un ancêtre commun remontant à cent voire cent cinquante millions d'années. Nous considérons aujourd'hui qu'il existe environ cinq cent cinquante espèces d'Anoploures et plus de quatre mille espèces de Mallophages qui parasitent essentiellement les oiseaux. Seulement cinq cent cinquante-trois espèces ont pour hôtes des mammifères (Mullen and Durden 2019).

Comme leurs hôtes, les poux évoluent dans le temps et s'adaptent. Cependant, cette évolution est lente car l'environnement des poux est très stable.

Toutefois, la spécificité d'hôte peut être telle que la disparition de l'espèce hôte pour une espèce donnée de poux, entrainerait avec elle la disparition du parasite.

Cinquante-deux des cent vingt-six espèces de bovidés sont considérées comme des hôtes potentiels pour les poux (Emerson and Price 1985).

1.3 - Morphologie générale.

Aplatis dorso-ventralement, les poux sont de petits parasites qui n'ont pas d'aile.

La plupart des poux disposent de plaques rigides au niveau de l'abdomen afin de lui conférer une rigidité suffisante lorsqu'il est distendu par un repas. Par ailleurs, cet abdomen est divisé en onze parties et se termine, caudalement, par le système génital.

L'appareil génital mâle est imposant : il peut mesurer jusqu'à la moitié de l'abdomen. Sa partie terminale est dotée d'un pseudo-pénis. Il comprend deux à

quatre testicules, chacun relié à un canal déférent, lesquels se rejoignent pour former une unique vésicule séminale.

Concernant les femelles, elles disposent de deux paires de gonopodes. Ces appendices sont en forme de doigts et leur permettent de guider, manipuler et coller leurs œufs, les lentes, sur les poils ou les plumes de leur hôte, au plus près de la peau. Le matériel qui leur permet de coller leurs œufs est stocké dans deux grosses glandes accessoires, situées en partie caudale de l'abdomen. D'autre part, les femelles disposent d'un vagin qui s'ouvre sur un grand utérus, où nous retrouvons plusieurs ovarioles avec des œufs à différents stades de développement (Mullen and Durden 2019).

1.4 - Œufs/ éclosion.

Les œufs sont généralement cylindriques avec des extrémités arrondies et un capuchon terminal : l'opercule. Au sommet de ce dernier se situe un patch de trous ou de zones à cuticule mince, à travers desquels l'embryon en développement respire. La majeure partie de l'œuf est fortement chitinisée, ce qui aide l'embryon à se protéger des dégâts mécaniques et de la dessiccation (Colebrook and Wall 2004).

Le déroulement de l'éclosion est remarquable. Dans l'œuf, le futur pou avale de l'air et l'expulse par son anus afin de former un coussin d'air comprimé qui pousse l'animal contre l'opercule de l'œuf, jusqu'à ce que ce dernier s'ouvre (Bowman 2013). Les conditions optimales de température pour le développement des embryons au sein de l'œuf sont très restreintes et ne correspondent qu'à certaines zones précises du corps de l'hôte sur lesquelles les poux femelles pondent (Mullen and Durden 2019).

Dès l'éclosion, les poux sont de minuscules répliques d'adulte : ils muent plusieurs fois mais ne subissent que de discrets changements d'aspect. Toutefois, ils ont moins de soies et n'ont pas d'appareil génital (Price and Graham 1997). Entre l'éclosion et le stade adulte, il se déroule trois à cinq stades nymphaux (trois chez les espèces parasitant les bovins) (Colebrook and Wall 2004).

1.5 - Transmission.

Le contact direct avec l'hôte semble être le principal mode de contagiosité des poux. L'échange de poux peut notamment avoir lieu au cours de l'allaitement (chez les mammifères), d'une mère infestée à sa progéniture, ou pendant le partage des nids (chez les oiseaux et les mammifères). Les poux peuvent également se transmettre lors d'autres formes de contact physique entre les hôtes, comme l'accouplement ou le combat. Cependant, certains poux (comme *L. pedalis* chez les moutons) peuvent survivre plusieurs jours hors de l'hôte et atteindre un nouvel individu en rampant à travers les pâturages. Pour ces espèces-là, la transmission peut donc se faire sans contact direct (Mullen and Durden 2019).

À noter l'existence d'un autre mode de transmission très original : la phorésie. Dans ce cas-là, le pou s'accroche à un autre insecte et s'en sert comme véhicule pour atteindre un nouvel hôte. L'insecte est donc un vecteur permettant au pou d'atteindre de nouveaux individus hôtes, sans contact direct (Allingham 1987). Les insectes vecteurs sont pour la plupart des arthropodes hématophages très mobiles et de taille supérieure au pou, comme certaines mouches de type hippoboscidé ou muscoïde.

La phorésie est un mode de transmission surtout présent chez les poux broyeurs (Mullen and Durden 2019).

2) Les poux suceurs.

2.1 - Caractéristiques communes aux Anoploures.

Parmi les cinq cent cinquante espèces d'Anoploures existantes, seulement cinq peuvent infester les bovins (Bowman 2013) dont trois en France.

Les poux suceurs, aussi appelés poux piqueurs, se caractérisent par une tête mince, plus étroite que le thorax (Mullen and Durden 2019). Leurs trois segments thoraciques sont soudés et constituent un unique segment dorsal. Chez la plupart des espèces, les deuxième et troisième paires de pattes portent des griffes. Ces dernières sont en forme de pinces, spécialisées pour saisir le pelage de l'hôte (Mullen and Durden 2019). Leur taille est liée au diamètre du poil et est probablement un facteur important dans l'établissement de la spécificité d'hôte. Elles permettent donc au pou de rester fermement accroché à son hôte, malgré les démangeaisons provoquées. En l'absence de poil, le pou ne peut se maintenir sur l'individu infesté. Il profite d'ailleurs d'un contact étroit entre le pelage de deux animaux pour infester de nouvelles cibles (Bowman 2013).

Les pièces buccales des poux piqueurs leur servent de dispositif d'aspiration lors des repas. En plus d'être aspirantes elles doivent également être perçantes, afin de traverser la peau de l'hôte (Bowman 2013).

Les pièces buccales, schématisées dans la figure 1 qui suit, se composent de quatre stylets, qui, au repos, sont rétractés au niveau de la tête et protégés par un labre fortement modifié. Ce dernier est recouvert de petites dents recourbées qui se plantent dans la peau de l'hôte pendant le repas. Cela permet d'ancrer le parasite dans la peau.

Les stylets sont composés d'un labium dentelé, d'un hypopharynx et de deux maxillaires. Chacun joue un rôle précis :

- le labium dentelé perfore la peau puis la paroi du vaisseau.
- l'hypopharynx est un canal creux à travers lequel la salive (composée d'enzymes et d'anticoagulants) passe.
- les deux maxillaires, incurvés et opposés, forment un canal alimentaire à travers duquel le sang est aspiré (Mullen and Durden 2019).

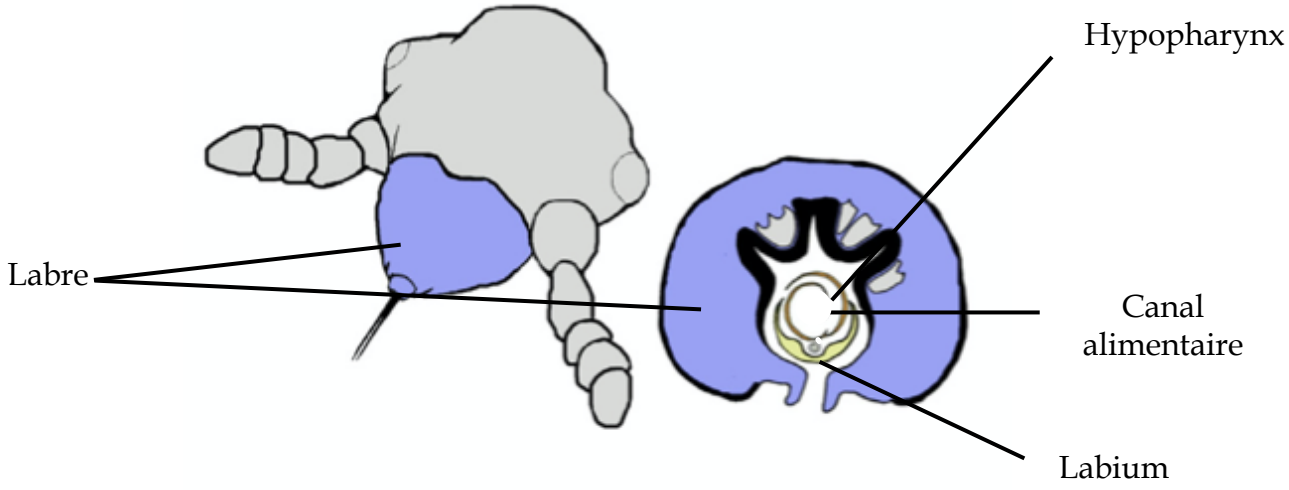


Figure 1 : Schéma des pièces buccales d'un pou piqueur (ici *Pediculus humanus*) (Mullen and Durden 2019).

Outre des pièces buccales adaptées, c'est également grâce à des muscles œsophagiens puissants que le mécanisme d'aspiration est efficace, permettant la prise du repas sanguin.

L'œsophage du pou débouche directement au niveau d'un grand intestin moyen. Celui-ci est principalement composé de ventricules. Ces ventricules sont reliés aux mycétomes (ou disques gastriques) situés ventralement. Ils contiennent des micro-organismes symbiotiques produisant de la Vitamine B, indispensable à la survie du pou et non apportée par le biais des repas sanguins. Ces micro-organismes n'ont pas été identifiés chez les ruminants, mais les mycétomes existent également chez le pou humain *Pediculus humanus* où *Candidatus riesia spp.* a été identifié (Allen *et al*, 2007). L'intestin moyen se poursuit par l'intestin postérieur, qui débouche alors sur l'anus (Mullen and Durden 2019).

Les poux piqueurs, hématophages stricts, ne peuvent pas survivre plus de quelques jours dans le milieu extérieur (Mullen and Durden 2019).

2.2 - *Linognathus vituli*.

2.2.1- Morphologie :

L. vituli est plus communément appelé le « pou à nez long » (long-nosed sucking louse).

De couleur bleutée, il ne possède pas d'œil. Les pattes antérieures sont peu développées. Les œufs, de couleur foncée, se remarquent difficilement sur les poils (Villeneuve 2013). La première paire de griffes est plus courte que les deuxième et troisième paires. De plus, les marges latérales de l'abdomen ne sont pas forcément sclérosées chez cette espèce.

L. vituli se distingue de *S. capillatus* par la présence de plus d'une rangée de soies par segment abdominal. Cela lui confère un aspect beaucoup plus velu (Bowman 2013). La figure 2 qui suit, récapitule les caractéristiques morphologiques de cette espèce via un schéma explicatif, tandis que la figure 3 permet d'avoir une idée réelle de l'apparence de ces poux.

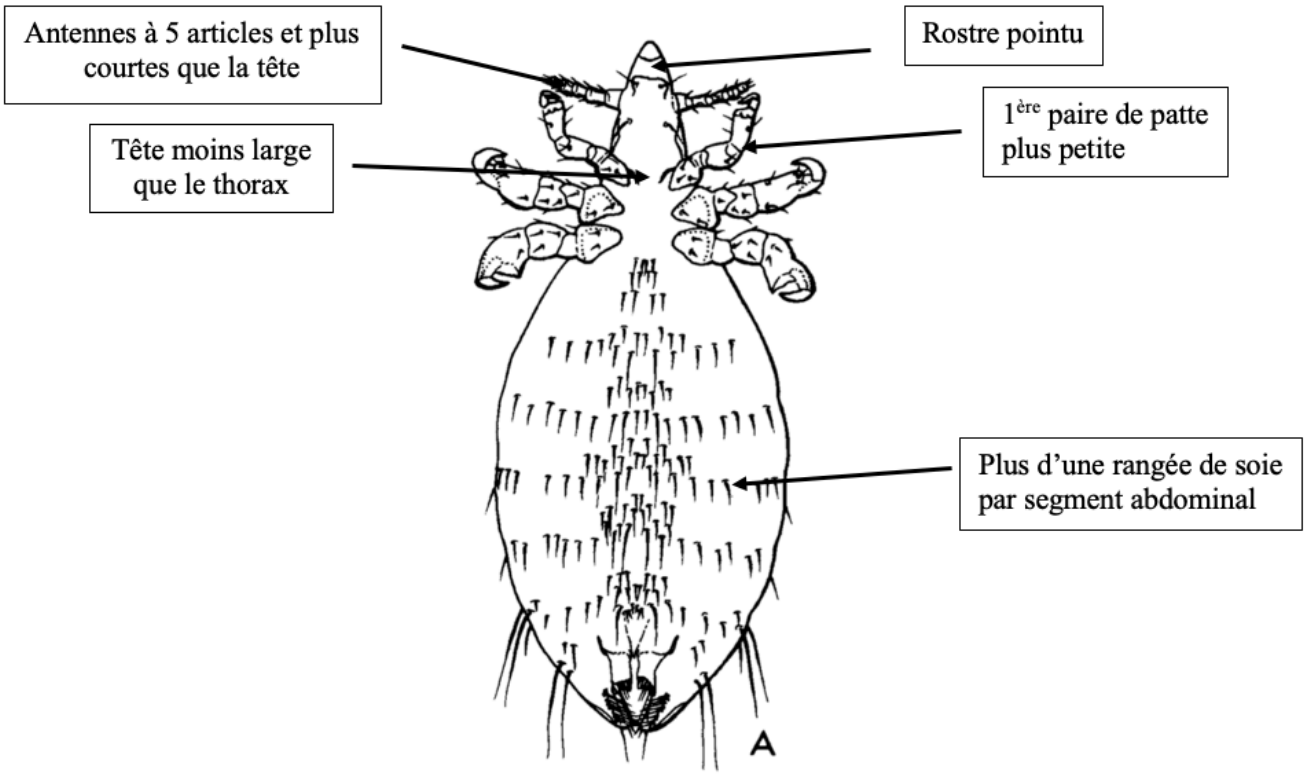


Figure 2 : Schéma de *L. vituli* (Price and Graham 1997).

Figure 3 : *L. vituli* à différents stades (adulte, nymphe et lente) : observation à la loupe binoculaire (grossissement X 10).

2.2.2- Cycle biologique :

Selon les études, le cycle de *L. vituli* n'est pas exactement de la même durée. Selon Colwell (2014), l'œuf met sept jours à éclore tandis que d'après Chalmers et Charleston (1980a), la durée de la ponte à l'éclosion est évaluée de dix à douze jours. La durée moyenne entre l'éclosion et la première mue est de treize virgule six jours

dans l'étude de Colwell. Au cours de cette étude, les nymphes se sont développées à un rythme constant. La femelle pond en moyenne deux œufs par jour. Trois mues successives permettent au pou d'augmenter de taille avant de devenir adulte. La durée de vie d'une femelle est d'environ un mois (Villeneuve 2013).

Dans l'étude de Chalmers et Charleston (1980a), la durée du premier stade nymphal est de six à sept jours, celle du second stade de trois à cinq jours et celle du dernier stade de cinq jours. Enfin, deux jours s'écoulent entre la dernière mue (la troisième) et l'émission des œufs. Un cycle complet dure donc entre vingt-six et trente et un jours.

Le travail de Craufurd-Benson de 1941 vient renforcer les observations de Chalmers et Charleston sur les délais d'incubation des œufs, en constatant qu'il faut dix à quatorze jours après la ponte pour que la nymphe sorte de l'œuf.

Les œufs de *L. vituli* mesurent en moyenne 0,95 mm de long sur 0,39 mm de large. Transparents, ils laissent apparaitre les nymphes bleu foncé comme nous pouvons l'observer sur la figure 4. Adultes, les femelles sont de taille supérieure aux mâles (2,4 mm de long environ contre 1,8 mm en moyenne) (Mullen and Durden 2019). *L. vituli* parasite plutôt les jeunes que les adultes.

Figure 4 : Lente de *L. vituli*, laissant voir par transparence une larve : observation à la loupe binoculaire (grossissement X 10).

2.3 - *Haematopinus eurysternus.*

2.3.1 - Morphologie :

H. eurysternus ou pou à nez court (short nosed sucking louse) dispose d'une tête et d'un thorax qui tirent sur le jaune ou le brun grisâtre tandis que l'abdomen est plutôt bleu-gris avec une bande foncée de chaque côté. Les œufs, blanc opaque (parfois blanc-brunâtre ou brun) se terminent par une pointe à leur base et, contrairement aux autres espèces, leur coque est dure (Villeneuve 2013). De plus, les marges latérales de l'abdomen sont fortement sclérosées (Bowman 2013). La figure 6 représente schématiquement les caractéristiques morphologiques de cette espèce, suivie de la figure 7 qui donne une idée de l'aspect morphologique des différents stades de celle-ci.

Parmi les poux piqueurs communément retrouvés en Europe, c'est l'unique espèce à avoir la première paire de griffe de même longueur que les autres paires, élément qui permettra une identification plus aisée de l'espèce.

Il s'agit de l'espèce de poux la plus grande parmi les espèces dont nous parlerons avec une taille moyenne des mâles adultes de 2,9 mm (2,3 mm pour les femelles). Sa taille le place même parmi les plus gros poux retrouvés chez les animaux domestiques (Mullen and Durden 2019).

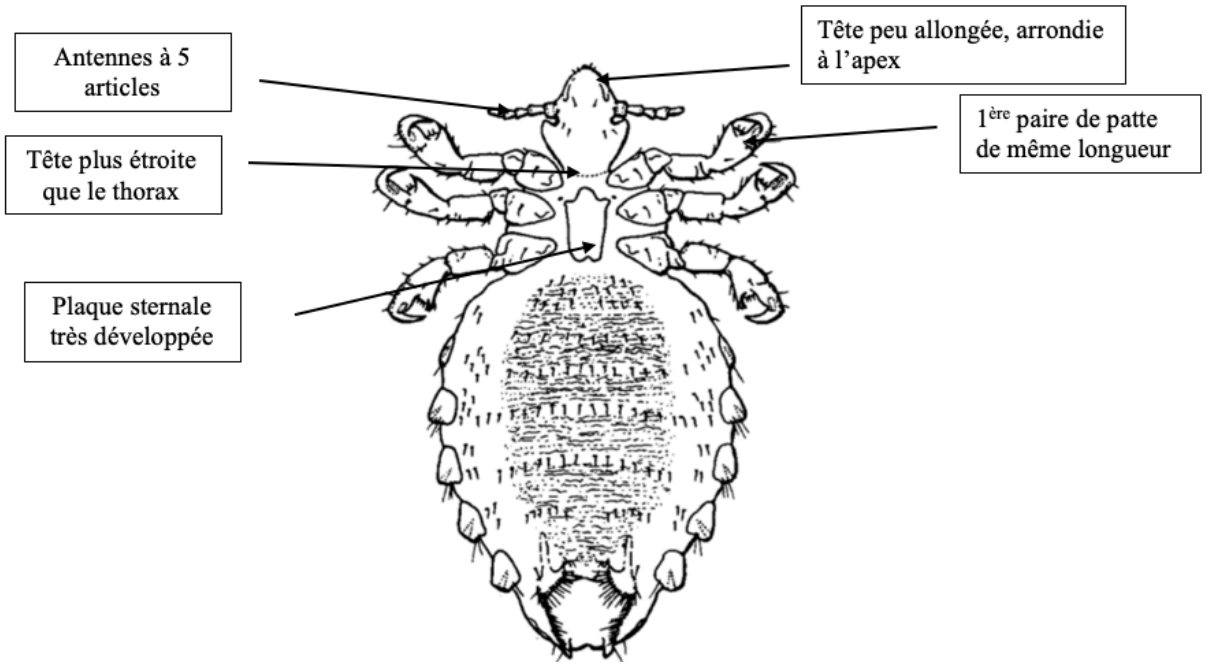


Figure 5 : Schéma d' *H. eurysternus* (Price and Graham 1997).

Figure 6 : *H. eurysternus* à différents stades : adulte, nymphe et lente (observation à la loupe binoculaire, grossissement X10).

2.3.2 - Cycle biologique :

La période d'incubation de l'œuf est de neuf à dix-neuf jours avec une moyenne de douze jours. Le premier stade dure de trois à cinq jours, le deuxième de trois à quatre jours et le troisième de trois à six jours. Une fois adulte, la femelle va se mettre en pré-oviposition (position pour pondre) pendant deux à sept jours avec une moyenne de quatre jours. Une femelle pond entre un et quatre œufs par jour. En moyenne, la durée de vie au stade adulte d'un mâle est de dix jours, et de seize jours pour une femelle. Un cycle complet dure donc de vingt à quarante et un jours, avec une moyenne de vingt-huit jours (Hornok *et al.* 2010).

H. eurysternus infeste plutôt les animaux adultes que les veaux (Villeneuve, 2013).

Cette espèce cause plus souvent des infestations mixtes que *L. vituli* (Hornok *et al.* 2010).

2.4 - *Solenopotes capillatus.*

2.4.1 - Morphologie :

Le nom commun de *S. capillatus* est le « petit pou bleu », en lien avec sa couleur bleutée (small blue sucking louse). Il s'agit du plus petit pou hématophage du bovin.

Le rostre est court et les yeux sont absents. La première paire de pattes est plus petite que les deux suivantes. Les œufs sont petits et de couleur bleu foncé (Villeneuve 2013). En moyenne, l'œuf mesure 0,7 mm, le premier stade 0,69 mm, le deuxième 0,82 mm et le troisième 1,06 mm. Adulte, la femelle va mesurer en moyenne 1,50mm et le mâle 1,08mm (Grubbs, Lloyd and Kumar 2007).

En étant la plus petite des trois espèces de poux piqueurs, nous la confondons souvent avec les stades nymphaux de *L. vituli* (Mullen and Durden 2019). *S. capillatus* dispose, à la différence de *L. vituli*, d'une plaque sternale (au moins deux fois plus longue que large) et de spiracles proéminents, ce qui permet de les distinguer (Bowman 2013). La figure 7 permet de synthétiser les différentes caractéristiques de l'espèce, tandis que la figure 8 permettra d'observer l'espèce à la loupe binoculaire.

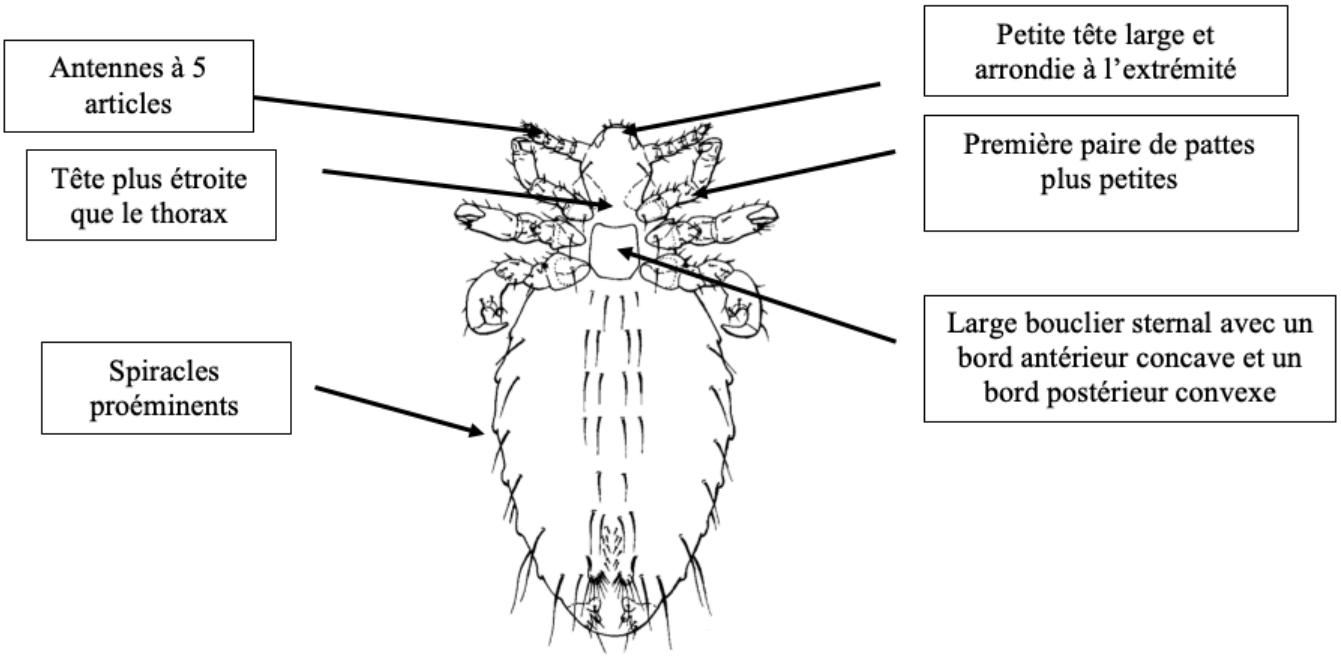


Figure 7: Schéma de *S. capillatus* (Price and Graham 1997).

Figure 8 : Stade adulte de *S. capillatus* à la loupe binoculaire (grossissement X 40).

2.4.2 - Cycle biologique :

S. capillatus infeste préférentiellement les jeunes confinés.

La femelle pond un à deux œufs par jour, dont un schéma est présenté en figure 9, lesquels mettent onze à treize jours à éclore. Les deux premiers stades nymphaux durent chacun entre trois et cinq jours, tandis que le troisième dure de cinq à six jours. La femelle, avant de pondre son premier œuf, se met en position pendant environ deux jours. Le cycle complet est effectué en vingt-sept à vingt-neuf jours (Grubbs, Lloyd and Kumar 2007).

On retrouve souvent *S. capillatus* dans le cadre d'infestations mixtes (Hornok *et al.* 2010).

Figure 9 : schéma d'un œuf de *S. capillatus* (Price and Graham 1997).

3) Les poux broyeurs :

3.1 - Taxonomie.

Les poux broyeurs ou Mallophages, sont constitués de plus de quatre mille espèces de parasites. Ils sont divisés en différents sous-ordres (Bowman 2013) que nous pouvons distinguer grâce à des formes de tête caractéristiques comme nous pouvons le voir sur la figure 10 :

- Ischnocera : nous les retrouvons majoritairement chez les mammifères. Ils possèdent des antennes libres et saillantes composées de trois à cinq articles. Ils ne disposent pas de palpe maxillaire (Mullen and Durden 2019). Leur mandibule est perpendiculaire au bas de la tête (Deplazes *et al*. 2015). *D. bovis*, seule espèce de poux broyeurs infestant les bovins, appartient à ce sous-ordre.
- Amblycera : ils parasitent essentiellement les oiseaux. Ils disposent d'antennes à quatre articles, enfoncées dans un sillon au niveau de la tête, avec des palpes maxillaires. Leurs mandibules leur permettent de créer des lacs sanguins.
- Rhynchophtririna : ils parasitent uniquement les éléphants.

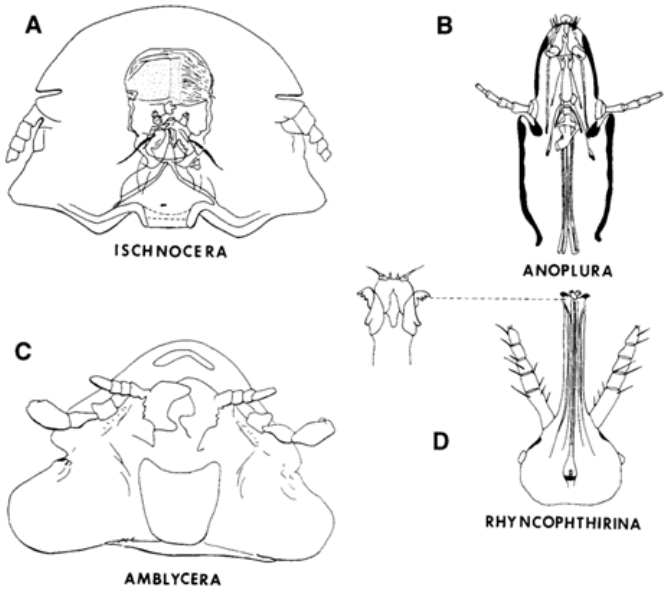


Figure 10 : Schéma des différents types de tête selon les sous-ordres (Price and Graham 1997).

3.2 – Éléments généraux.

Les Mallophages possèdent de fortes mandibules au niveau de la face ventrale de leur large tête. Ils se nourrissent d'écailles épidermiques, de plumes et de sécrétions sébacées d'oiseaux et de mammifères. Le thorax apparaît souvent sur le dos, avec deux ou trois segments. Chaque patte se termine par une griffe simple, sauf chez quelques espèces qui infestent des animaux très mobiles comme les oiseaux.

Certaines espèces de poux broyeurs sont hématophages (parfois obligatoires mais le plus souvent facultatifs), ce qui n'est pas le cas de l'espèce infestant les bovins. Ces poux broyeurs hématophages ne peuvent donc pas survivre à des périodes

prolongées hors de l'hôte à l'instar des poux piqueurs. En revanche, certains poux broyeurs non-hématophages peuvent survivre plusieurs jours loin de l'hôte (Mullen and Durden 2019).

Les poux broyeurs, par leur présence en très grand nombre et du fait de leur grande mobilité, provoquent chez les individus infestés un prurit très important, tout particulièrement chez les animaux ayant des difficultés à se toiletter comme chez les vaches à l'attache (Bowman 2013).

3.3- *Damalinia bovis.*

3.3.1- Morphologie :

D. bovis – anciennement appelé *Bovicola bovis* - se distingue facilement des autres poux infestant les bovins, notamment par sa tête plus large que son thorax. Les pattes se terminent par des crochets minuscules. Les différents éléments morphologiques qui le caractérisent sont récapitulés en figure 11, et son aspect morphologique est présenté en figure 12.

Ils sont plus petits que la plupart des poux piqueurs. La femelle adulte mesure en moyenne 1,6 à 1,75 mm de longueur et 0,35 à 0,55 mm de largeur. Ils se détectent donc difficilement dans la fourrure (Price and Graham 1997).

Les œufs se distinguent facilement des autres, de par leur coque fine et transparente et leur gabarit plus petit (0,65 mm en moyenne) (Craufurd-Benson 1941).

D. bovis ne supporte pas les climats tropicaux.

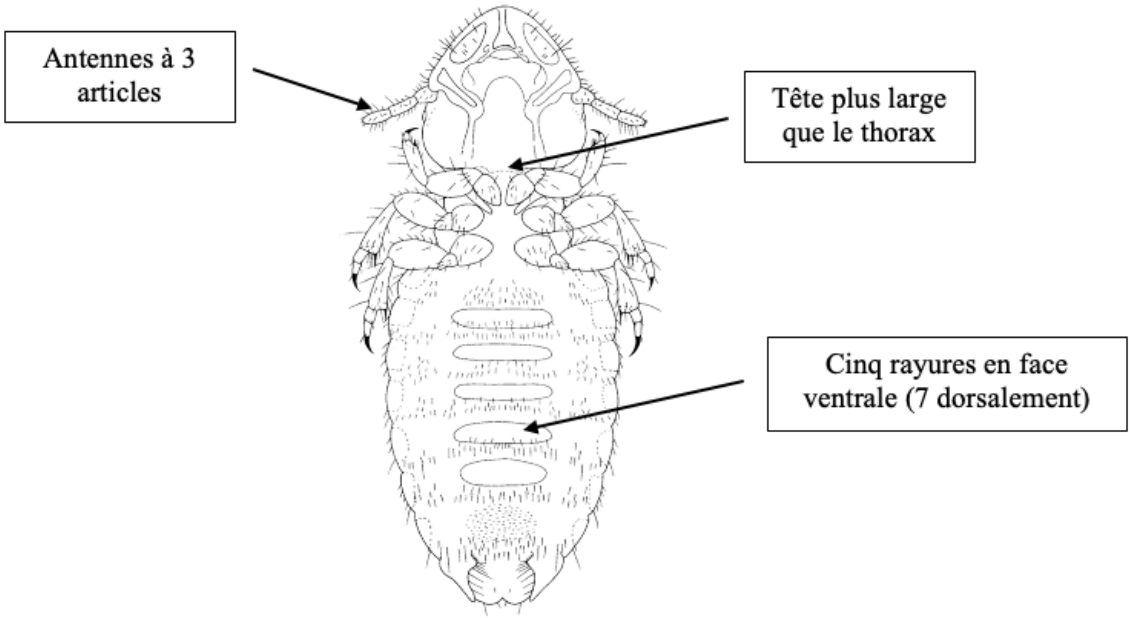


Figure 11 : Schéma de *D. bovis* (Price and Graham 1997).

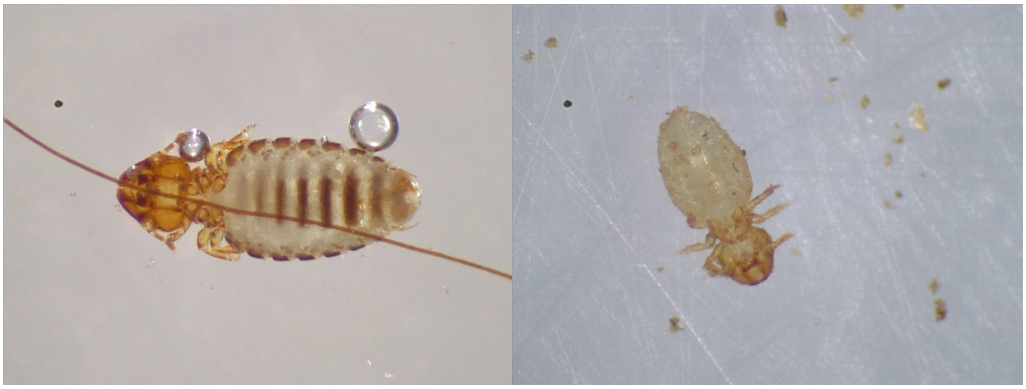


Figure 12 : Observation à la loupe binoculaire des stades adulte et nymphal de *D. bovis* (grossissement X 10).

3.3.2 - Cycle biologique :

D. bovis infeste préférentiellement les jeunes bovins.

Il se nourrit de débris de peau, de lipides et de bactéries.

Après la prise de nourriture, externe, nous notons une sécrétion intense de salive (phase d'insalivation) qui précède la phase de digestion. L'ensemble de son appareil digestif est schématisé sur la figure 13. La digestion de la kératine est permise par la présence d'endosymbiotes (Deplazes *et al.* 2015).

Il est capable de survivre jusqu'à onze jours dans le milieu extérieur car il peut trouver de la nourriture sans être sur l'hôte, contrairement aux poux piqueurs. La longévité des adultes peut aller jusqu'à dix semaines (Mullen and Durden 2019).

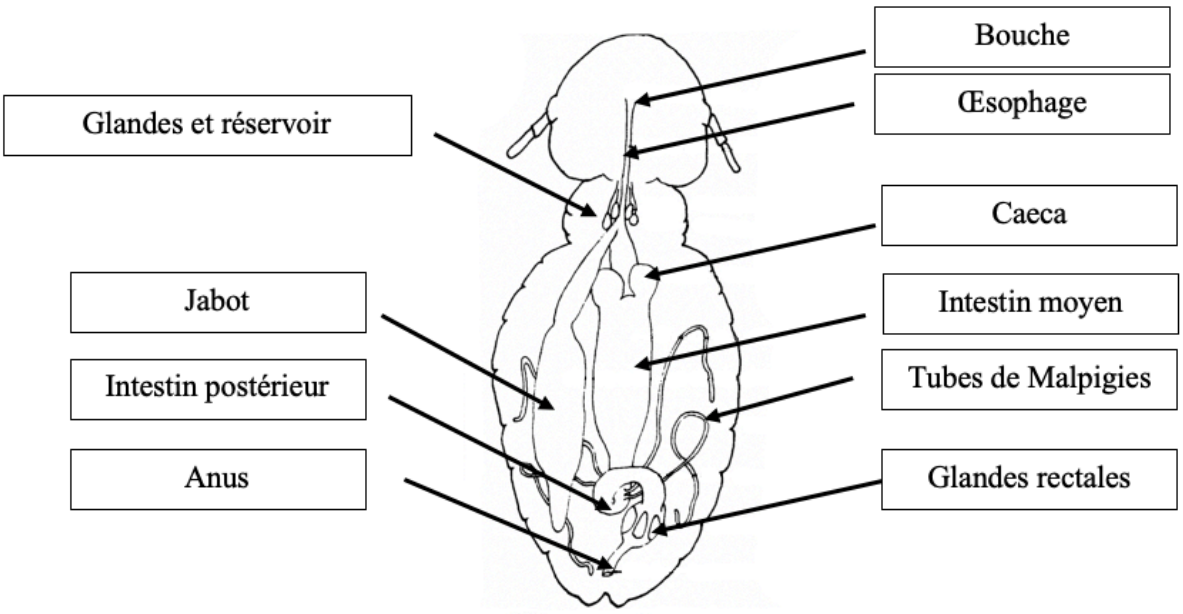


Figure 13 : Schéma de l'anatomie de *D. bovis* (Price and Graham 1997).

La femelle pond un œuf par jour, directement sur les poils, ce que la figure 14 illustre. Sept à huit jours s'écoulent entre la ponte et l'éclosion. Le premier stade nymphal dure six à sept jours, le second cinq à six jours et le dernier six à sept jours. Trois à quatre jours sont nécessaires entre le passage au stade adulte et la ponte du premier œuf. Le cycle complet nécessite donc vingt-sept à trente-deux jours (Chalmers and Charleston 1980a).

Cette espèce se reproduit majoritairement par parthénogenèse, c'est-à-dire que les femelles peuvent se reproduire en l'absence de mâles. Ce mode de reproduction permet à l'espèce de se reproduire très rapidement (Meguini *et al,* 2018). Cela explique pourquoi les mâles représentent moins de 5% des poux de cette espèce (Mullen and Durden 2019).

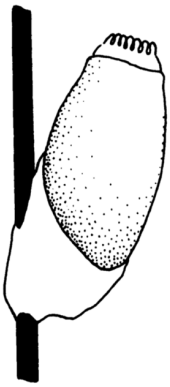


Figure 14 : Observation à la loupe binoculaire (grossissement X 10) et schéma (Price and Graham 1997) d'un œuf de *D. bovis* fixé à un poil.

II) Dynamique de population des poux chez les bovins.

La dynamique de répartition des poux est complexe car elle varie géographiquement, temporellement et même individuellement.

Nous nous intéresserons, dans cette partie, aux données disponibles dans la littérature sur la présence des différentes espèces dans certains pays. Puis, nous tenterons de comprendre l'influence de la saisonnalité sur la prévalence des populations de poux au sein d'un territoire donné. Enfin, nous verrons qu'il est possible d'étudier les dynamiques de population à l'échelle individuelle, par l'existence de localisations préférentielles du pou sur l'hôte.

1) Prévalence dans différents pays.

L'impact économique et les conséquences des phtirioses sur le bien-être animal ne sont plus à démontrer et de nombreuses études, dans divers pays, se sont penchées sur les différentes espèces de poux présentes sur le territoire ainsi que sur leur prévalence. Nous allons nous concentrer sur les phtirioses des bovins.

Nous allons voir dans un premier temps quelles espèces se retrouvent majoritairement dans les pays étudiés.

En 1980, Chalmers et Charleston montrent que *D. bovis* et *L. vituli* sont les deux espèces les plus présentes en Nouvelle-Zélande.

En 1993, une étude de Gabaj, Beesley et Awan se concentrait sur l'étude de mille cinquante-trois troupeaux bovins libyens. Les résultats révélaient que 31,3% des cheptels étaient infestés par des poux suceurs, plus particulièrement par le pou tropical *H. quadripertusus,* même si *L. vituli* a également été trouvé. Cependant, contrairement à ce qui était habituellement observé, la présence de l'espèce *D. sp.* n'a pas été prouvée.

En 1994, Durden et Musser se sont penchés sur les espèces de poux piqueurs pouvant infester *Bos taurus* (dont les deux principales sous-espèces sont la vache domestique d'Europe et le zébu). Ils ont ainsi identifié cinq espèces aux répartitions très différentes : *H. quadripertusus*, *H. eurysternus*, *H. channabasavannai*, *L. vituli* et *S. capillatus.*

H. quadripertusus (également appelée *H. parviprocursus* ou *H. palpebrae*) a été découvert au Cameroun. Il est retrouvé dans les zones subtropicales et tropicales.

H. eurysternus a été identifié pour la première fois en Grande Bretagne. Sa distribution est mondiale. Il apprécie les climats tempérés.

H. channabasavanna a été découvert en Inde, qui est d'ailleurs le seul pays où nous le rencontrons.

Découvert en Suède, *L. vituli* est une espèce très cosmopolite.

Enfin, *S. capillatus*, identifié en Allemagne, est retrouvé dans les pays européens voisins mais aussi dans d'autres régions du globe comme l'Australie, l'Afrique du Sud ou le Viêtnam (notamment suite à l'introduction d'individus infestés).

Lors d'une étude menée en 1996-1997 en Angleterre *D. bovis, L. vituli* et *S. capillatus* ont été retrouvés. Seul *H. eurysternus* n'a pas été observé (Milnes and Green 1999).

D'autres études se sont intéressées de manière un peu plus précise à la prévalence des phtirioses. Nous allons revenir chronologiquement sur les principales données.

En 1941, une grande campagne sur les poux a été organisée en Grande-Bretagne, via des questionnaires. Quatre-vingt-cinq pour cent des trois cent neuf éleveurs ayant répondu ont attesté que leur troupeau étaient sujet à des infestations par les poux. Soixante-quinze pour cent ont indiqués en avoir eu au moment de l'étude (Craufurd-Benson 1941). Toutefois, ces chiffres, très élevés, pouvaient être biaisés par la probabilité plus importante qu'un éleveur pour lequel les poux constituaient une problématique réponde à l'enquête. De plus, en 1941, l'essor des antiparasitaires externes n'avait pas encore eu lieu.

Pendant l'hiver 1996-1997, Milnes et Green menèrent une étude en Angleterre et à la frontière avec le Pays de Galles. Neuf cent vingt-deux agriculteurs ont répondu au questionnaire concernant la présence de poux dans leur élevage. Vingt virgule quatre pour cent ont affirmé avoir vu des poux dans leur troupeau, 29,3% en ont suspectés et 29% ont rapporté une possible infestation. La deuxième étape de l'étude consistait à se rendre sur le terrain pour observer et tenter de déterminer la prévalence réelle d'exploitations infestées. Vingt-quatre fermes ont été visitées. Des poux ont été mis en évidence dans dix-huit d'entre elles (75%). Cependant, tous les animaux n'ont pas été examinés par les auteurs. Il y a donc eu une possible sous-estimation du nombre de troupeaux infestés dans cette étude, et donc de la prévalence des poux. Milnes et Green notèrent que les infestations étaient parfois discrètes, avec pas ou peu de signes cliniques. La prévalence réelle était donc probablement nettement supérieure aux prévisions, notamment car sous-estimée par les éleveurs. De plus, contrairement aux attentes, les veaux étaient davantage infestés que les adultes (Milnes and Green 1999).

En Alberta au Canada, au cours de deux hivers consécutifs (1997-1998 et 1998-1999), des veaux de boucherie ont été méticuleusement examinés afin de déterminer la prévalence d'infestation et savoir quels étaient les poux présents. *L. vituli* était l'espèce la plus souvent retrouvée avec un taux d'infestation allant de 57,8% à 95,6% des animaux. *D. bovis,* absent lors de la première campagne, n'a été mis en évidence que lors du second hiver. Enfin, *H. eurysternus* a été retrouvé en très faible quantité avec seulement 2,6 à 4,4% d'animaux infestés (Colwell *et al.* 2001).

En Norvège, au cours d'une étude sur vingt-sept fermes menée en 2001, *D. bovis* infestait 94% des troupeaux étudiés et 27% des animaux. *L. vituli* était présent parmi 42% des troupeaux mais seulement 5% des animaux étaient parasités (Nafstad and Grønstøl 2001a).

Quelques années plus tard, en 2003 en Grande-Bretagne, sur trente-sept veaux achetés à l'âge d'une semaine, trente-six (97%) étaient infestés par *D. bovis*, et vingt-deux (59%) par *S. capillatus* (Milnes, O'Callaghan and Green 2003).

Enfin, au cours d'un travail plus récent mené en 2010 en Hongrie, sur mille cent quatre-vingt-deux poux récoltés, *L. vituli* représentait 57% de l'effectif, *H. eurysternus* 38% et *S. capillatus* 5% (Hornok *et al.* 2010).

Les analyses des différents travaux sont cependant à prendre avec précaution. En effet, les résultats peuvent varier de manière importante en fonction des études. L'exemple le plus criant nous vient du Pakistan où trois études ont été menées en 2006, 2008 et 2009. Dans la plus récente, sur neuf cent neuf vaches étudiées, 38,3% étaient infestées par des poux. Seule l'espèce *D. bovis* a été retrouvée (Naseem and Kakarsulemankhel 2009). En 2008, Kakar et Kakarsulemankhel n'ont mis en évidence des poux que chez 7,17% des vaches étudiées, sans préciser les espèces concernées. Enfin, dans l'étude de 2006, 24% des bovins étaient parasités, avec uniquement des poux piqueurs retrouvés (Hussain *et al.* 2006).

Les résultats de ces différentes études sont extrêmement hétérogènes. Ils divergent au sein d'un même pays, comme le montrent les travaux pakistanais. Il semble difficile de dresser un bilan, tant au niveau des espèces de poux identifiées et présentes que de la prévalence des phtirioses. Les observations de terrain effectuées par le vétérinaire primeront donc sur les données bibliographiques car elles seules permettront de déterminer avec certitude l'espèce présente dans un élevage ainsi que le niveau d'infestation.

2) Saisonnalité des infestations.

Les affections parasitaires externes, telles que les phtirioses, sont une problématique d'hiver, notamment chez les bovins en bâtiment, comme l'a prouvé l'étude de Milnes et Green menée en Angleterre et au Pays de Galles en 1996 et 1997, où il était demandé aux éleveurs de rapporter le nombre d'infestations observées, mois par mois (Milnes and Green 1999). La figure 15 rapporte les réponses des éleveurs à ce questionnaire.

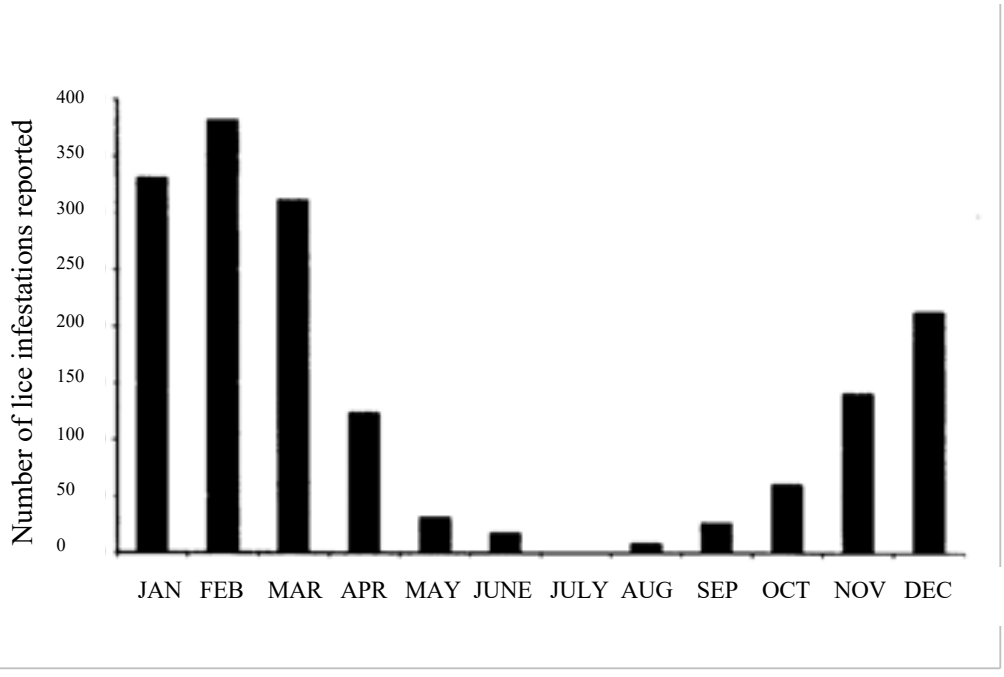


Figure 15 : Nombre d'éleveur ayant rapporté une infestation de ses bovins par au moins une espèce de poux (toutes espèces confondues), sur neuf cent vingt-deux questionnaires, selon les mois de l'année (Milnes and Green 1999).

La figure 15 montre que les éleveurs remarquent beaucoup moins d'infestation de poux chez les bovins en été avec une nette diminution des populations observées à l'arrivée du printemps et en été. Nous verrons par la suite pourquoi le nombre de poux

diminue en été, mais il est à remarquer que les poux survivants se cachent alors dans des endroits refuges, difficiles d'accès, ce qui explique pourquoi il est plus compliqué de les trouver l'été (Colwell 2014).

Dans une autre étude, Milnes, O'Callaghan et Green (2003) se sont intéressés au niveau d'infestation des veaux par les poux pendant deux hivers consécutifs. Une nette variation saisonnière a été observée, avec une quasi-absence de poux au début du printemps et pendant l'été, et un pic hivernal (voir figure 16). Une diminution du nombre de poux est constatée pendant le second hiver, montrant la variabilité du niveau d'infestation d'une année sur l'autre (météorologie ou densité différente par exemple). Les études dont nous parlons ici se sont déroulées dans l'hémisphère nord, ainsi les mois de décembre à mars correspondent à l'hiver.

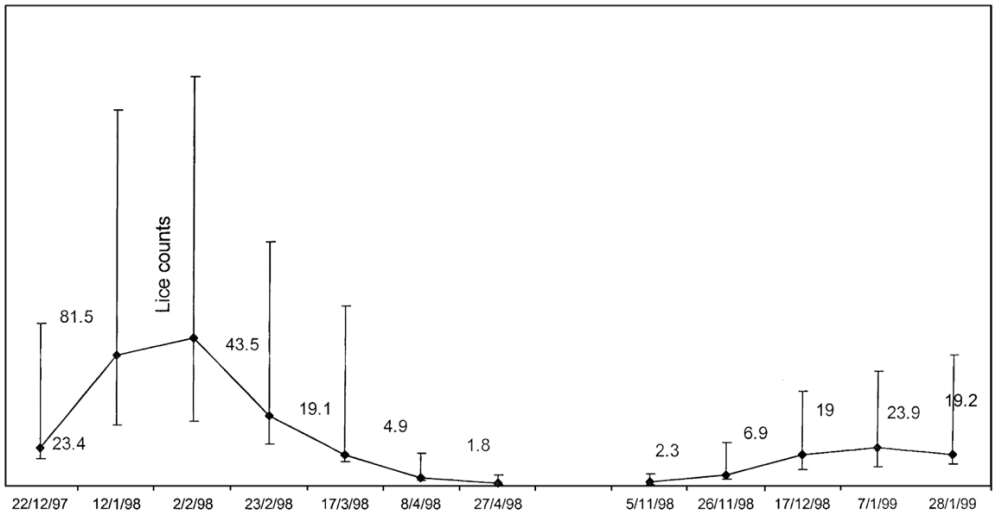


Figure 16 : Moyenne du nombre de poux (*D. bovis*) retrouvés par veau au cours de deux hivers (Milnes, O'Callaghan and Green 2003).

Le taux et le niveau d'infestation sont donc clairement reliés aux saisons, même si chez certains bovins plus infestés que les autres, toutes les espèces peuvent parfois être présentes en quantité massive, même en été (Mullen and Durden 2019).

Plusieurs explications peuvent être fournies concernant cette saisonnalité. L'hiver, la fourrure des bovins est plus longue et plus dense pour lutter contre le froid, et semble procurer aux poux un habitat plus accueillant. De plus, les animaux sont confinés en intérieur (étables, stabulations). Les contacts sont donc favorisés, et la transmission de poux entre individus avec. Au moment du printemps et de l'été, les hôtes muent. Cette perte de poils est l'une des causes majeures de diminution des poux, tant par son aspect mécanique que par l'augmentation d'exposition des œufs et des adultes aux variations de température, à l'air et au soleil (Chalmers and Charleston 1980a). Enfin, les facteurs climatologiques semblent tenir un rôle important quant à la baisse du nombre de poux en période estivale. En effet, il a été démontré *in vitro* que les poux ne résistaient pas à la chaleur. Les températures élevées de l'été, la lumière du soleil mais aussi la dessiccation semblent autant de facteurs expliquant le déclin estival des poux (Mullen and Durden 2019). De plus, si la température affecte la survie des adultes, les œufs et les nymphes ne sont pas épargnés. Les œufs ne disposent que d'une marge de 5°C pour éclore (par rapport à la température optimale de 35°C) (Chalmers and Charleston 1980a).

En région tempérée, les populations de poux atteignent leur maximum chez les bovins en hiver ou au début du printemps, à l'exception d'*H. quadripertusis* qui atteint son maximum en été.

À noter également que, selon la saison de naissance des veaux, nous observons une différence d'infestation. En effet, ceux nés au printemps ne muent pas (contrairement aux veaux nés plus tôt) et ne perdent donc pas leur poil d'hiver avec les œufs et les poux accrochés. Ils sont donc beaucoup plus infestés en été (Chalmers and Charleston 1980a).

3) Distribution corporelle.

Chalmers et Charleston (1980a) se sont intéressés aux zones de répartition corporelle des différentes espèces de poux sur l'hôte. Leur étude nous apporte des informations intéressantes. *D. bovis* est majoritairement localisé au niveau des épaules, tandis que *L. vituli* se retrouve plutôt vers le cou. L'été, les poux survivants se replient dans des zones refuges. Ces dernières ne sont pas les mêmes selon l'espèce : alors que *D. bovis* se cache plutôt sur la tête et à la base de la queue, *L. vituli* préfère les zones ombragées comme l'arrière de la mamelle ou la zone sous-maxillaire. À noter également que *D. bovis* se retrouve préférentiellement sur les races à viande tandis que *L. vituli* semble plus fréquemment localisé sur les races laitières. Cependant, il ne s'agit que de "préférences" car ces deux espèces peuvent infester tous types de vache. Les auteurs ont également observé qu'en cas de forte infestation, les poux se regroupaient par espèce. En revanche, si l'infestation est modérée, toutes les espèces de poux sont mélangées sur l'hôte (Chalmers and Charleston 1980a).

Plus récemment, Douglas D. Colwell et Himsl-Rayner (2002) se sont également penchés sur la question de la distribution corporelle des poux. Ils ont bâti leur étude en sélectionnant des veaux, sur le garrot desquels des poux ont été inoculés, à mi-chemin entre les deux omoplates. Les poux ont ensuite été dénombrés chaque semaine, sur les neuf sites de prédilection établis dans la littérature (ligne du dos, garrot, pourtour de chaque œil, joues, museau et fanons). Les poux, initialement sur la ligne du dos, se sont déplacés pour se retrouver majoritairement sur la tête au bout de neuf semaines (60% de l'effectif). La proportion de poux sur les fanons, bien que nettement inférieure, a augmenté à partir de la neuvième semaine jusqu'à la fin de l'étude (quinze semaines).

Nafstad et Grønstøl (2001b) ont décidé d'étudier des peaux de vache, après abattage. La présence de lésions cutanées dues aux poux leur permettait, par extension, de déterminer les zones de distribution préférentielles de ces parasites. Soixante-quinze virgule huit pour cent des peaux étaient endommagées. Parmi celles-ci, 77,9% présentaient des lésions au niveau du cou et des épaules, et 39,1% au niveau des membres antérieurs et des fanons.

Watson, Lloyd, et Kumar (1997) se sont eux aussi intéressés à des peaux de taurillons récupérées après abattage aux États-Unis. Les lésions observées ont été mises en relation avec les espèces de poux identifiées sur chaque peau. La plupart des cuirs étaient infestées par *D. bovis et H. eurysternus*. Les résultats (représentés figure 17) confirment des aires de répartition bien différentes selon les espèces. *D.bovis* est essentiellement retrouvé sur le garrot, en région interscapulaire tandis que *H. eurysternus* est principalement localisé sur la tête, tout comme *S. capillatus*. *L.vituli* montre une répartition assez homogène. Toutefois, pour les deux dernières espèces

évoquées, les effectifs infestés étaient faibles : les aires de répartition manquaient donc probablement de représentativité.

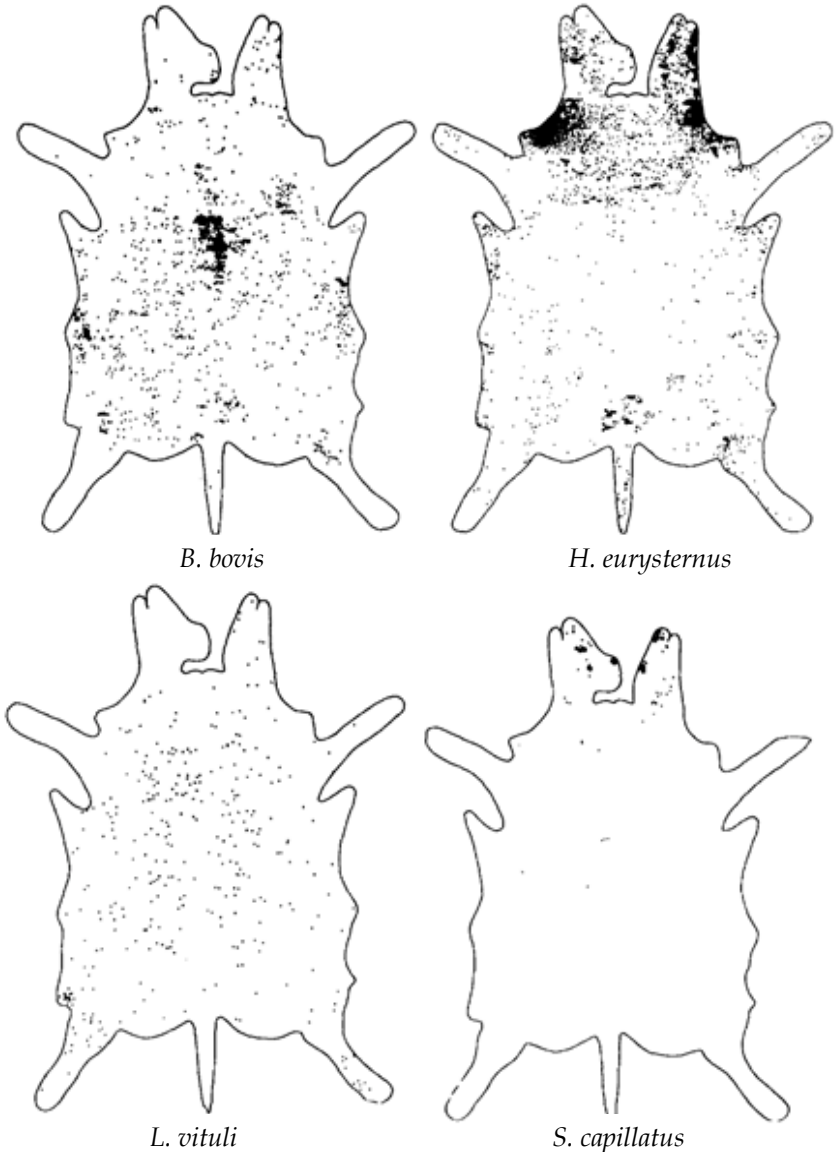


Figure 17 : Répartition corporelle des poux selon l'espèce, sur des cuirs récupérés à l'abattoir (Watson, Lloyd and Kumar 1997).

La connaissance des zones de localisation préférentielle des différentes espèces est essentielle car la présence de lésions cutanées à certains endroits pourra nous orienter sur une suspicion clinique de phtiriose et aider au diagnostic étiologique par la réalisation de prélèvements.

En effet, comme nous le verrons par la suite, l'identification de l'espèce incriminée est importante dans la prise en charge médicale.

III) Impact des poux chez les bovins.

Les conséquences d'une infestation par les poux au sein d'un élevage sont nombreuses et variées, tant sur le plan de la santé et du bien-être animal que sur le plan économique, avec des baisses de production souvent sous-estimées. L'impact ne doit donc pas être négligé et les phtirioses doivent être rigoureusement prises en charge par les éleveurs et les vétérinaires.

1) Impact économiques.

1.1 – Impacts financiers :

Dans les années 1980, Drummond et son équipe ont estimé les pertes financières annuelles dues aux poux chez les bovins. Pour estimer cela, ils se sont basés sur la diminution du GMQ engendrée par les phtirioses. Nous verrons par la suite que toutes les études ne sont pas en faveur d'une perte de GMQ. Selon leurs calculs, aux États-Unis cela revenait à 18 millions de dollars en 1987 (Drummond, 1987). Basés sur des calculs similaires, Kunz et son équipe (1991) ont estimés ces pertes à 38 millions de dollars.

Milnes et Green énoncent que les simples dégâts causés sur le cuir des bovins s'élèvent à 20 millions de livres sterling par an en Angleterre au début des années 2000 (Milnes and Green 1999), sans donc prendre en compte les autres impacts tels que les baisses de production. Cette estimation est donc potentiellement sous-estimée par rapport aux pertes réelles engendrées.

De même, les tanneurs Norvégiens estiment la perte économique uniquement liée aux poux à 24-25 mill NOK par an soit plus de 2 millions d'euros (Nafstad et Grønstøl 2001a). Cette estimation vient d'une « communication personnelle » et nous ne pouvons donc pas savoir sur quels éléments sont basés ces calculs.

Enfin, la présence de poux va entrainer des frais pour les éleveurs notamment avec le coup des antiparasitaires par exemple.

1.2 - Impact des poux sur les productions de lait et de viande.

Les études sont nombreuses mais sont parfois contradictoires.

Il a été démontré que les infestations augmentent les comportements de léchage et de grattage, ce qui diminue le temps de prise alimentaire et de rumination (Colebrook and Wall 2004). Il semblerait donc tentant et logique de penser que ces comportements altèrent les performances à tous niveaux, notamment en impactant la croissance mais aussi la production laitière. Pourtant, plusieurs études ne montrent aucune différence significative en termes de productivité entre les bovins infestés par des poux et les bovins qui ne le sont pas.

Lors de deux études menée sur des bovins allaitants en Nouvelle-Zélande, aucune différence significative de GMQ n'a été observée entre les individus traités et les individus non traités (Kettle 1974). Dans la première étude *D. bovis* était majoritaire

et a été la seule espèce dénombrée tandis que dans la seconde c'était le cas pour *L. vituli*. Lors de la première étude, l'infestation moyenne était modérée (moyenne de six à dix poux par surface de 10 cm^2 observée) tandis que lors de la deuxième étude l'infestation était faible (moyenne de zéro à six poux par surface de 10 cm^2 observée). Dans chacune de ces études, économiquement, il n'était pas avantageux de traiter en espérant rentabiliser le coût du traitement par un gain de poids associé.

Dans un autre travail également effectué en Nouvelle-Zélande, Chalmers et Charleston (1980b) se sont penchés sur les conséquences d'une infestation par *D. bovis* et *L. vituli*, en étudiant le GMQ d'individus de tout âge, au cours de huit études sur différentes races bovines. Selon les études, les taux d'infestation étaient variables, allant de zéro à plus de dix poux par carré de 10 cm^2 observé. Parmi toutes ces études, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les individus infestés et les indemnes. Ces études nuançaient donc l'importance du traitement des animaux parasités, car cela ne pouvait garantir aux éleveurs un meilleur rendement.

L'article publié par Cummins et Tweedle en 1977, confirme également la conclusion précédente. Menée sur plusieurs mois (hiver et début du printemps), le but a été d'étudier différentes variables (sexe, alimentation, traitement contre les poux) sur la vitesse de croissance. À noter que *L. vituli* était l'unique espèce retrouvée et en quantité modérée (en moyenne, moins de dix poux par carré de 100cm^2 observé). Les résultats démontraient que seul le plan d'alimentation avait un impact sur le GMQ. En revanche, le traitement contre les poux n'avait aucune conséquence significative sur le taux de croissance.

Cummins et Graham se sont eux aussi intéressés à l'impact d'une infestation par les poux sur la croissance, à l'échelle d'un troupeau. *L. vituli* était l'espèce majoritairement présente, même si *S. capillatus* a également été trouvé en quantité moindre. L'étude a montré qu'au cours de l'automne et de l'hiver, les animaux non traités contre les poux ont perdu plus de poids que le groupe traité. Cependant, dans un second temps sur la période printanière, le groupe de génisses non-traité a ensuite gagné plus de poids que l'autre groupe. À la fin de l'étude, aucune différence significative n'a été notée entre les deux groupes. Il est toutefois important de signaler que les infestations constatées étaient légères. Seule une génisse était parasitée de manière importante. Celle-ci a effectivement perdu plus de poids que toutes les autres bêtes. Ceci laisse penser que de faibles infestations par les poux n'ont pas d'effet sur la croissance des génisses, mais qu'une forte infestation peut, elle, impacter le GMQ. Malgré tout, il faut être prudent et ne pas généraliser une observation faite sur une seule bête (Cummins and Graham 1982).

Scharff (1962) a également mené une étude avec groupe témoin afin de déterminer l'effet d'un traitement contre les poux sur le GMQ. Tout comme les études précédentes, dans le cas d'infestations légères à modérées, aucun effet sur le GMQ n'a été objectivé. Toutefois, l'auteur évoquait le cas d'un animal, très fortement infesté (plus de 200 *H. eurysternus* par surface de 6,45cm^2) qui a eu une nette augmentation de son GMQ après traitement. Par ailleurs cet animal était très fortement anémié et proche de la mort avant traitement. Dans de le cas de très fortes infestations, le traitement contre les phtirioses est indispensable pour améliorer l'état général de l'animal, et donc, son GMQ.

L'étude menée par Gibney en 1985 confirme l'impact des poux lors d'infestation massive sur le GMQ. En 1984, les résultats montrent un GMQ significativement supérieur chez les animaux traités (+ 0,095 kg/j) par rapport au groupe non traité. Ces résultats concernent des animaux qui étaient fortement parasités (dix poux ou plus par zone de 6,45 cm^2) par les espèces suivantes : *L. vituli, D. bovis* et *S. capillatus*. Aucune différence significative de GMQ n'a été objectivée dans le cas d'infestations faible et modérée (Gibney *et al.* 1985).

Collins et Dewhirst (1965), se sont intéressés à la perte de masse des animaux durant l'hiver, selon leurs niveaux d'infestation par *H. eurysternus*. Ils ont classé les animaux selon quatre catégories : absence de poux, faiblement, modérément ou fortement infestés, via une inspection visuelle de près (pas de poux observés, quelques poux observés, beaucoup de poux observés de près mais non vu de loin, beaucoup de poux de près qui sont également visibles à distance). Ils ont également fait la distinction entre les mâles et les femelles. Chez les femelles, la présence d'une infestation modérée ou sévère a entrainé une perte de poids significativement augmentée par rapport aux individus pas ou peu parasités (perte deux fois plus importante en cas d'infestation modérée, quatre fois plus importante en cas d'infestation sévère). Chez les mâles, seules les infestations sévères ont impacté leur perte de masse, qui a été multipliée par un virgule soixante-quinze par rapport aux autres niveaux d'infestation.

Les poux semblent donc impacter le GMQ uniquement en cas d'infestations modérées à massives.

En ce qui concerne l'impact potentiel des phtirioses sur la production laitière, la littérature est moins étoffée.

Chalmers et Charleston (1980b) évoquaient une étude menée par Chalmers, Charleston et Murford mais l'étude n'est pas publiée. Ils indiquaient qu'une faible infestation de poux n'affectait pas la productivité laitière des animaux étudiés. D'autres auteurs évoquent le sujet sans jamais s'appuyer sur des études. C'est le cas par exemple de Fadok (1984) qui indiquait qu'en cas de phtiriose, il était possible que la production laitière diminue, sans citer de source. De même, Scharff (1962) en guise d'introduction, affirmait que la présence de poux induisait une diminution de la production laitière, sans expliquer d'où il tenait cette information. Nickel (1971), en expliquant que la présence de poux entrainait une mauvaise utilisation du fourrage, c'est-à-dire qu'il fallait d'avantages de fourrage pour produire un kilogramme de viande ou un kilogramme de lait, sous-entendait qu'avec une même quantité d'aliment, la production de lait allait diminuer, mais sans appuyer ses propos sur des études qui ont été réalisées.

Ainsi, malgré le fait que plusieurs auteurs affirment que les poux ont un impact sur la production laitière, aucune étude n'a été publiées à ce jour sur le sujet.

1.3 - Impact sur les cuirs :

Plusieurs chiffres concernant l'impact financier des phtirioses sont fournis par les tanneurs. Ces derniers ont observé des taches lésionnelles liées aux poux sur 50 à 55% des peaux en Norvège en 1991 (Nafstad and Grønstøl 2001b). Les pertes sont directement liées aux imperfections du cuir, elles-mêmes dues à l'action directe des poux qui perforent la peau mais également aux lésions que s'infligent les vaches pour répondre à l'action prurigineuse des parasites.

Nafstad et Grønstøl ont analysé trois cent soixante-huit peaux au sein de vingt-huit troupeaux. Soixante-quinze virgule huit pour cent des peaux présentaient des défauts (taches claires). Les lésions étant localisées aux sites de prédilection des poux, les autres ectoparasites ont donc été éliminés des hypothèses. Les troupeaux étudiés étaient parasités uniquement par *D. bovis* ou par *D. bovis* et *L. vituli.* Entre ces troupeaux, les auteurs ne notent aucune différence de fréquence et de gravité des taches. Cela souligne l'importance de *D. bovis* dans l'apparition de ces dégâts (Nafstad and Grønstøl 2001b).

Milnes et Green (1999), ont chiffré les dégâts causés sur le cuir comme évoqué précédemment, toutefois, nous ignorons comment a été faite cette estimation puisqu'elle provient d'une « communication personnelle » des auteurs. Ainsi, ils énoncent qu'il y a des dégâts sur les cuirs mais nous ne pouvons pas en savoir plus.

2) Impact médical :

2.1 - Les poux, un indicateur de la conduite d'élevage.

Les poux sont davantage une nuisance qu'une menace. En effet, ils n'ont que peu d'impact sur les animaux en bonne santé, sur lesquels nous ne les retrouvons qu'en quantité faible à modérée. En revanche, sur un animal débilité, la présence d'une grande quantité de poux peut entraîner des répercussions sur la vitalité de l'hôte. La prolifération de poux en quantité importante dans un élevage, est généralement associée à des facteurs dégradants comme les intempéries, le surpeuplement ou encore une alimentation déséquilibrée et carencée, même si des sensibilités individuelles existent. Il a d'ailleurs été démontré que des individus élevés avec une alimentation pauvre (et donc en déficit énergétique) étaient plus fortement infestés que les individus correctement nourris (Cummins and Tweedle 1977).

Les poux sont donc un reflet de la conduite d'élevage des bovins. La présence anormale de poux en très grand nombre sur un individu doit donc nous amener à nous intéresser à la gestion de l'élevage avant de nous précipiter sur l'utilisation d'antiparasitaires (Bowman 2013).

D'autre part, (Ely and Harvey, 1969) ont démontré que selon la ration distribuée aux animaux, ces derniers étaient plus ou moins infestés. En effet, lors d'infestation uniquement avec *H. eurysternus,* ils ont constaté que sur une période d'étude de soixante jours, les animaux nourris avec de la farine de graines de coton et du sorgho (sec ou ensilé) profitaient mieux et avaient un nombre de poux significativement plus faible que d'autres animaux nourris avec d'autres types de ration (par exemple avec uniquement de l'ensilage de sorgho, ensilage de sorgho + urée, etc.). Il est donc important d'aller voir l'alimentation lorsqu'un élevage est fortement parasité.

2.2 - Signes cliniques et bien-être :

Le poux broyeur, *D. bovis*, est l'espèce la plus mobile. Par ses déplacements sur l'hôte, il est à l'origine d'un prurit important qui cause irritations et excoriations (Deplazes *et al.* 2015).

Les autres espèces de poux sont moins mobiles mais entrainent également un prurit par les effractions cutanées qu'ils créent. Ce prurit est variable, souvent modéré à marqué.

Les animaux affectés, pour soulager les démangeaisons, passent beaucoup de temps à se frotter, se lécher et se gratter. Ce sont ces comportements réponses qui expliquent les signes cliniques potentiellement observables selon les individus : desquamation, croûtes, érythème, excoriation et perte de poils (Scott 2008).

Figure 18 : Photographies de lésions causées par *H. eurysternus.*

2.3 - Facteur favorisant d'autres pathologies :

2.3.1 L'anémie :

L'anémie est l'une des principales conséquences directes de la présence massive de parasites hématophages sur un hôte. Cette anémie (définie par un taux de globules rouges et d'hémoglobine bas) est macrocytaire et normochrome, voire hyperchrome en fin d'évolution (Nelson *et al.* 1970). Les bovins anémiés présentent une baisse d'état général importante, une fatigabilité et une pâleur des muqueuses, du mufle, et du pis parfois très marquée. Dans l'étude de Shemanchuk et son équipe (dans laquelle le parasitisme était majeur), le nombre d'érythrocytes et la teneur en hémoglobine du sang chez les animaux infestés étaient environ 50% inférieurs aux individus non infestés. Après traitement, ces valeurs sont revenues dans les valeurs usuelles en trente-six à cinquante jours selon les individus. L'anémie était parfois si marquée que des avortements ont été notés (Shemanchuk *et al.* 1960).

Scharff (1962) a également relevé une anémie majeure (non mesurée) sur un animal qui était très fortement parasité (plus de deux cent *H. eurysternus* par surface de 6,45cm^2) qui s'est retrouvé avec un état général très mauvais, au bord de la mort. Le traitement contre les poux a permis à l'animal de retrouver un bon état général.

Collins et Dewhirst (1965), ont étudiés sur cent-cinquante bovins, l'impact du degré d'infestation sur leur hématocrite : tandis que des infestations faibles à modérées n'ont pas entrainé d'anémie, une infestation sévère faisait chuter de dix points l'hématocrite. Seul *H. eurysternus* était en présence lors de cette étude.

Cependant, ces observations sont fortement dépendantes du degré d'infestation. Certains chercheurs ont démontré l'absence d'anémie secondaire à une phtiriose modérée (environ deux milles poux par animal), avec uniquement *L. vituli* en présence. Ils ont toutefois mis en évidence une diminution du taux de fer plasmatique avec une augmentation du temps de survie des globules rouges (Burns, Titchener, and Holmes 1992). L'étude de Chalmers et Charleston (1980b) ne prouve, elle aussi, aucune conséquence d'infestations légères par des poux hématophages sur les facteurs sanguins.

2.3.2 Kérato-conjonctivite et papillomatose périorbitaire :

Une étude israélienne centrée sur un troupeau infesté par *H. quadripertusus*, montre que les génisses très fortement infestées souffraient également de kérato-conjonctivite et de papillomatose périorbitaire. Ces deux affections se sont résolues d'elles-mêmes une fois les animaux traités contre les poux. En effet, la présence de poux était à l'origine d'un prurit important et d'une perte de poils. Les lésions cutanées auto-induites par les animaux étaient alors une porte d'entrée au développement des Papillomavirus qui entrainaient une papillomatose périorbitaire secondaire (Yeruham et al. 2001).

2.3.3 Transmission de maladies :

L'importance médicale des poux tient aux dégâts provoqués par leurs morsures ou piqûres mais aussi à leur aptitude à transmettre des agents pathogènes.

Lors d'une étude menée en Hongrie en 2009, l'ADN d'*Anaplasma marginale* (bactérie à l'origine de l'anaplasmose bovine, agent d'avortement) a été retrouvé parmi 50% des poux analysés. *Rickettsia helvetica* a été isolé chez un spécimen de *L. vituli* (Hornok *et al.* 2010).

Les poux peuvent donc avoir un rôle de vecteur et transmettre des maladies, notamment les poux hématophages lors des repas sanguins. Toutefois, les poux broyeurs transmettent eux aussi certains pathogènes, notamment via leurs fèces qui peuvent traverser la peau à la faveur d'effractions cutanées dues aux démangeaisons.

Du fait des différents impacts des phtirioses bovines, souvent non-négligeables, la question du traitement arrive en toute logique dans notre réflexion. Toutefois, avant de traiter, il est recommandé d'identifier le parasite afin d'adapter au mieux nos conseils.

IV) Diagnostic et traitements.

1) Établir le diagnostic.

Les signes cliniques étudiés précédemment permettent d'orienter le diagnostic vers une phtiriose. Il est toutefois essentiel d'identifier avec précision l'espèce de pou présente dans un élevage car cela influence le traitement (les solutions injectables sont, par exemple, inefficaces contre les poux broyeurs) et permet également d'effectuer un suivi plus précis en cas de « récidive » des symptômes.

1.1 - Quelles méthodes pour observer les poux ?

L'observation et le comptage des poux n'est pas si simple que cela et les techniques varient selon les chercheurs et les études.

Holdsworth et son équipe, en 2006, recommandaient un comptage des poux par examen direct à l'œil nu, après avoir écarté les poils de l'animal. Ils précisaient tout de même l'utilité d'une loupe et admettaient également l'importance des différences entre opérateurs. Cette tâche était donc très individu-dépendante. Ils conseillaient de répéter l'opération sur six zones du corps (choisis selon les sites de prédilection des poux).

Campbell, D.J. Boxler, et R.L. Davis (2001) utilisaient une loupe mais également une lampe halogène à haute intensité sur les sept localisations où les poux étaient le plus fréquemment retrouvés.

Au contraire, Stromberg et Moon (2008) énonçaient que les poux étaient assez gros pour être vus sans dispositif grossissant, à condition que l'éclairage eu été satisfaisant.

Nafstad et Grønstøl (2001a), quant à eux, utilisaient dans leur étude un peigne à dents et une lampe halogène, sur les sites de prédilection des poux à savoir le cou, les épaules, le fanon, la croupe et la queue.

Enfin, certains auteurs ont opté pour une technique beaucoup plus précise mais aussi nettement plus invasive. Dans l'étude de Watson, Lloyd et Kumar (1997), après abattage, chaque peau a été découpée puis directement mise en sachets plastiques afin de ne perdre aucun pou. Une observation directe à l'œil nu était alors réalisée sur l'intégralité des peaux sous une lampe incandescente, avec retrait des poux au fur et à mesure. Puis, les différents échantillons de peau étaient lavés afin de décoller les poux n'ayant pas été observés à l'œil nu. Le liquide obtenu (et les poux oubliés) était alors récupéré à l'aide d'un aspirateur avec filtre. Cette méthode, en plus d'être invasive, est surtout très longue et compliquée à mettre en œuvre.

1.2 - Clef de détermination.

Comme nous l'avons rappelé, l'identification des espèces de poux est essentielle, tant pour le traitement que pour le suivi.

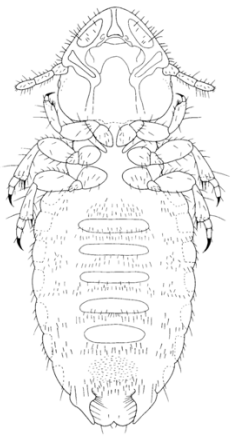
Nous avons établi une clef (figure 19) permettant, grâce à l'observation au microscope, de différencier aisément les différentes espèces des poux retrouvés en France sur les bovins.

Figure 19 : Clef de diagnose des poux retrouvés sur les bovins en France (d'après les illustrations de Price and Graham 1997) :

1 – Tête plus large que le thorax ?

Non ➔ voir 2

Oui : *Damalinia bovis*



Damalinia bovis :

- les adultes mesurent 1 à 2 mm

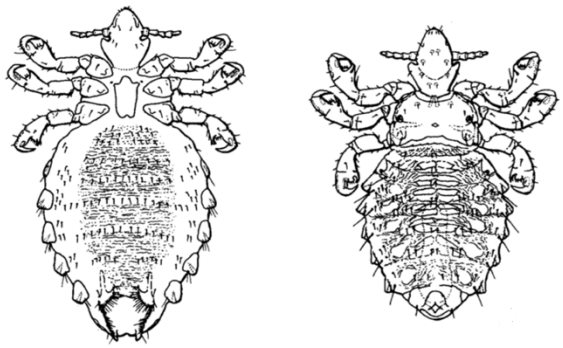
- antennes à 3 articles

- 7 rayures face dorsale et 5 rayures face ventrale

2 – Première paire de griffes de la même taille que la deuxième et troisième paire ?

Non ➔ voir 3

Oui : *Haematopinus eurysternus*



Haematopinus eurysternus

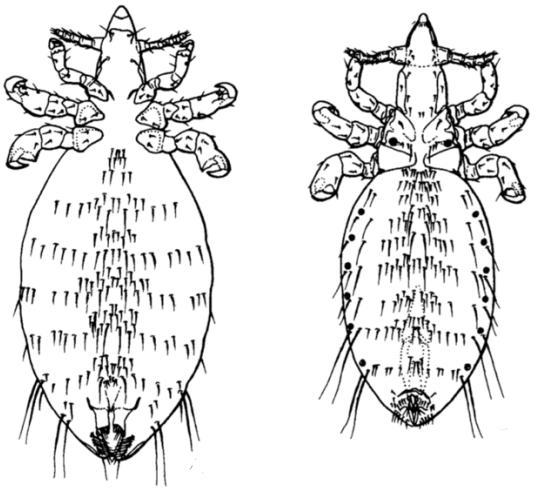
- Antennes à 5 articles

- Absence de rayures

- Plaque sternale à bords crâniaux arrondis

3 – Au moins deux rangées de soie par segment abdominal ?

Oui : *Linognatus vituli*

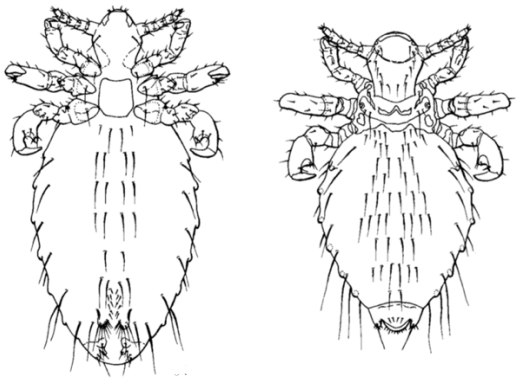


Linognathus vituli :

- tête étroite se finissant en pointe

- au moins deux rangées de soies par segment abdominal

Non : *Solenopotes capillatus*

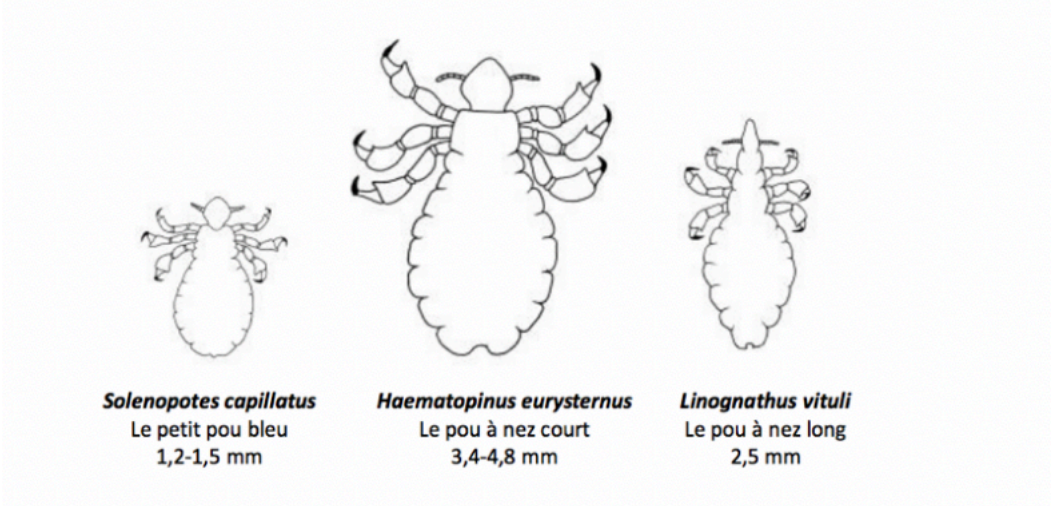


Solenopotes capillatus :

- tête arrondie à l'apex

- rangée longitudinale de plusieurs soies de longueur différentes sur la face dorsale de l'abdomen

Pour mémoire, voici la taille relative des différentes espèces. Il faut toutefois faire attention car les stades immatures, outre la taille, ne sont pas différents des stades adultes, la taille ne doit donc jamais être le seul élément utilisé pour distinguer les différentes espèces de poux.



2) Traitements.

Préoccupation majeure en élevage de par leur impact économique, les poux ont fait l'objet de nombreuses recherches pour trouver des solutions à apporter. Aujourd'hui, plusieurs familles et molécules sont disponibles dans la lutte contre les phtirioses mais qu'en est-il de leur efficacité ?

Holdsworth *et al.*, en 2006, se sont penchés sur cette question de l'efficacité des traitements et ont établi un guide synthétisant les étapes et les directives à respecter

pour pouvoir statuer sur l'efficacité d'une molécule ou d'un produit. Les exigences sont strictes. Au cours de l'essai clinique, les animaux doivent être examinés toutes les semaines (*a minima* toutes les deux semaines) pendant au moins cinquante-six jours après traitement (ce qui correspond à la durée moyenne de deux cycles complets de la vie d'un pou). Ainsi, la présence d'une indication pour les poux sur le RCP d'un produit atteste que des études ont été menées et ont démontré 95 à 100% d'efficacité du produit sur des animaux témoins. Cela concerne les ruminants à savoir les bovins, les caprins et les ovins.

2.1 – Endectocides.

2.1.1 - Lactones macrocycliques.

Les lactones macrocycliques regroupent l'ivermectine, la doramectine, l'éprinomectine et la moxidectine. Elles sont très utilisées en raison de leur large spectre. En effet, ce sont des endectocides, efficaces à la fois contre les parasites internes et externes. Cependant, le praticien doit veiller à ne les utiliser que lorsqu'il désire une action contre les parasites internes également, au risque d'augmenter les résistances à ces molécules si ce n'est pas le cas.

Plusieurs études ont été menées sur l'efficacité mais également la rémanence des lactones macrocycliques sur les phtirioses. La rémanence est une donnée majeure à prendre en compte dans l'utilisation d'une molécule dans la lutte contre les poux. En effet, si elle est supérieure à la période d'incubation et que des œufs étaient présents au moment du traitement, la molécule est encore active lorsque les nymphes naissent (elles meurent donc rapidement). Plus la rémanence est importante, plus le produit prévient les infestations futures et plus les traitements peuvent être espacés.

L'efficacité de la doramectine a été étudiée selon sa voie d'administration (injection sous-cutanée ou application *pour-on*). En 1993, Logan et son équipe ont montré qu'une injection sous-cutanée de doramectine à la dose de 200 µg/kg, en comparaison à un groupe contrôle qui ne recevait pas de traitement, avait une efficacité de 100% sur *H. eurysternus, L. vituli et S. capillatus* en sept jours. Ces poux sont ensuite restés absents pendant au moins quatre semaines. En revanche, l'efficacité sur *D. bovis* n'était que de 82%, notamment car leur mode d'alimentation rend les poux broyeurs moins sensibles aux traitements par voie injectable. Lloyd et son équipe (2001) ont étudié la doramectine en *pour-on* à la dose de 500 µg/kg. La molécule est restée efficace à 100% pendant trente-cinq jours contre *S. capillatus* (94,9 % à partir de soixante-trois jours) et cent vingt-six jours contre *D. bovis*.

La moxidectine à la dose de 0,5mg/kg *pour-on* a montré une efficacité de 100% en quatorze jours sur *L. vituli* et *D. bovis*. Cette efficacité était toujours de 100% quarante-deux jours après traitement (Losson and Lonneux 1996).

L'éprinomectine a, elle, été testée aux doses de 250, 500 et 750 µg/kg en *pour-on.* Ces posologies ont permis l'absence de poux (*S. capillatus, D. bovis* et *L. vituli*) pendant cinquante-six jours (Holste *et al.* 1997).

En 2001, Campbell, D.J. Boxler, et R.L. Davis ont montré, à travers leurs recherches, qu'à la concentration de 5 mg/mL et à la dose de 1 mL/10kg (donc à des posologies de 500 µg/kg en *pour- on*), l'ivermectine, l'éprinomectine, la doramectine et la moxidectine permettaient toutes quatre d'éliminer 100% des poux toutes espèces confondues, dès deux semaines post-traitement.

2.2 - Antiparasitaires externes stricts.

2.2.1 - Pyréthrinoïdes.

Les pyréthrinoïdes sont des composés organochlorés, organophosphorés ou organobromés, dérivés des pyréthrines. Chez l'insecte, ils ont une action neurotrope caractérisée par une dépolarisation des centres nerveux via une interaction avec les canaux à sodium, les récepteurs GABA et ceux du glutamate aboutissant à un effet "*knock down*". Cet effet très rapide est intéressant car il intervient souvent avant que l'insecte hématophage ait eu le temps de piquer pour prélever son repas sanguin.

Titchener, en 1982, a étudié l'effet sur les poux d'un spray de cyperméthrine utilisé à la concentration létale pour les mouches (1mg/mL). Il a montré que cela permettait une élimination totale des quatre espèces classiques de poux après un seul traitement. Toutefois, si la cyperméthrine était appliquée via une boucle auriculaire, elle n'était efficace que sur *D. bovis* et *H. eurysternus* mais pas sur *L. vituli* ni sur *S. capillatus*.

Dans une autre étude, le même auteur s'est penché sur l'efficacité de deux autres pyréthrinoïdes : la deltaméthrine et la cyhalothrine. Il observe dans ce travail qu'une solution de deltaméthrine à la concentration de 1% en *spot-on* permet une élimination totale de *D. bovis* et *H. eurysternus,* dès trois semaines après traitement. En revanche, une population résiduelle de *L. vituli* persiste après trois et six semaines de traitement, au niveau du jarret des animaux étudiés. Neuf semaines après application de la solution, plus aucun pou n'est observé, y compris *L. vituli*. La latence observée concernant l'élimination de ce dernier au niveau des jarrets peut s'expliquer comme étant le délai nécessaire pour que la deltaméthrine atteigne la zone (Titchener, 1985).

La cyhalothrine montre une efficacité de 100% contre les quatre espèces de poux à des doses de 100 et 250 µg/mL. La cyperméthrine présente la même efficacité de 100% à une dose de 1 mg/mL (Titchener 1985).

Rothwell et son équipe (1999) ont comparé l'action de la zêta-cyperméthrine à celle de la deltaméthrine. La zêta-cyperméthrine est une nouvelle forme isomère de la cyperméthrine, qui contient une plus grande proportion de l'isomère actif. À une posologie de 2,5 mg/kg, la zêta-cyperméthrine était autant, voire davantage efficace que la deltaméthrine *pour-on* à la dose de 0,75 mg/kg. Elle a notamment permis d'éliminer totalement *D. bovis* et *H. eurysternus* et a donné un contrôle satisfaisant contre *L. vituli* (90 à 99% au bout de quarante-deux jours) et *S. capillatus* (97 à 100% au bout de cinquante-six jours).

(Nafstad and Grønstøl 2001a) se sont eux aussi attardés sur les pyréthrinoïdes, en étudiant la deltaméthrine (100 mg par animal *pour-on*) et la fluméthrine (2mg/kg *pour-on*). Deux applications espacées de trois semaines sur des animaux infestés par *D. bovis* et *L. vituli* ont permis l'élimination totale des poux avec une efficacité de 100%, et ce pendant trois à six mois.

2.2.2 – Autres.

L'amitraz est un insecticide au mode d'action neurotoxique. Il agit en inhibant les récepteurs octopaminergiques, inhibant ainsi l'influx nerveux et paralysant le parasite. Tout d'abord utilisé pour traiter d'autres parasitoses, son action lors de

phtirioses concomitantes a été remarqué. Chez le mouton, une unique application d'une solution d'amitraz à 0,0375% et 0,05%, a permis l'élimination totale des poux (Curtis 1985).

Le spinosad est également un insecticide neurotoxique. Il agit par contact et par ingestion. Il entraine une excitation du système nerveux du parasite, menant à des tremblements incontrôlés puis à la paralysie, en quelques minutes. Largement utilisé en humaine car considéré comme très sécuritaire, le spinosad ne dispose pas encore d'AMM bovin. (White *et al.* 2007) ont étudié l'efficacité de cette molécule. Une solution aqueuse de spinosad diluée à 0,04% est appliquée par pulvérisation sur tout le corps des bovins. Les résultats montrent une efficacité de 96% sur *D. bovis* sept semaines après traitement et une efficacité de 100% sur *S. capillatus* et *H. eurysternus* respectivement à huit et six semaines post-traitement. L'efficacité sur *L.s vituli* est de 98% après cinq semaines mais tombe à 90% après sept semaines.

Tous ces travaux ont souvent un point commun : ils montrent une efficacité remarquable des molécules citées. Il est toutefois important de tempérer ces observations en notant que ces études sont la plupart du temps réalisées sur des individus naïfs n'ayant jamais été traités dans leur vie. Cela est une des raisons expliquant les différences avec les résistances observées sur le terrain.

Aucune des molécules présentées précédemment n'a d'action ovicide. Pour pouvoir éliminer totalement les poux, il faut donc soit traiter à nouveau les animaux après la période d'incubation des œufs, soit utiliser une molécule rémanente. Cependant, malgré les avantages importants sur le plan pratique qu'offre une molécule rémanente, il convient de préciser que cela peut favoriser l'apparition de phénomènes de résistance. En effet, la concentration de la molécule sur l'animal peut être insuffisante pour tuer la totalité des poux et cela sélectionne par conséquent des individus résistants. Rappelons l'importance de traiter la totalité des animaux en cas d'utilisation de produits externes et de ne pas sous-doser le produit afin d'éviter l'apparition de résistances.

Voici un tableau récapitulatif des différents produits aujourd'hui disponibles en France avec une AMM poux chez les bovins (tableau I):

Famille et principe actif	Nom déposé	Pulvérisation	Pour on	Spot on	Injectable	Poux piqueurs	Poux broyeurs	Tiques	Gales	Mouches/Myiases	Nématodes	Viande	lait
Organo-phosphorés													
Phoxime	SEBACIL® 50 % solution	●				●	●	●	●	●		40j	Int*
Pyréthrinoïdes													
Deltaméth	BUTOX® 50 pour mille	●				●	●	●	●	●		28j	24h
	BUTOX® 7,5 Pour on		●			●	●	●		●		18j	0h
	DECTOSPOT® 10 mg/ml		●			●	●			●		18j	0h
	DELTANIL® 10 mg/ml		●			●	●			●		17j	0h
	INSECINOR® 10mg/ml			●		●	●			●		17j	0h
	SPOTINOR® 10 mg/ml		●			●	●			●		17j	0h
	VERSATRINE®		●			●	●			●		18j	0h
Lactones macrocycliques													
Ivermectine	ANIMEC 10 mg/ml				●	●			●	●	●	49j	Int*
	ANIMEC D 10/100 mg/ml[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	BAYMEC® 0,5%		●			●	●		●	●	●	28j	Int*
	BIMECTIN 10 mg/ml				●	●			●	●	●	49j	Int*
	BIMECTIN® D 10/100 mg/ml[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	CEVAMEC®				●	●			●	●	●	49j	Int*
	CEVAMEC® D[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	DIVAMECTIN® 10 mg/ml				●	●			●	●	●	49j	Int*
	DIVAMECTIN Pour on		●			●	●		●	●	●	31j	Int*
	ENDECTINE D®[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	ENDECTINE Pour on		●			●	●		●	●	●	31j	Int*
	IVERTIN				●	●			●	●	●	49j	Int*
	IVOMEC®				●	●			●	●	●	49j	Int*
	IVOMEC® D[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	IVOMEC® Pour-on		●			●	●		●	●	●	16j	Int*
	POUROMEC®		●			●	●		●	●	●	28j	Int*
	PREVENSA® 5 mg/ml[1]				●	●			●	●	●	49j	Int*
	TOPIMEC 5 mg/ml		●			●	●		●	●	●	28j	Int*
	VERMAX® D[1]				●	●			●	●	●	49j	Int*
	VIRBAMEC® D[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	VIRBAMEC® Pour on		●			●	●		●	●	●	28j	Int*
	VIRBAMEC® Injectable				●	●			●	●	●	49j	Int*

Doramectine	DECTOMAX® 10 mg/ml		●	●		●	●	●	70j	Int*
	DECTOMAX® Pour-on	●		●	●	●	●	●	35j	Int*
	ZEARL®		●	●		●	●	●	70j	Int*
	ZEARL® Pour-on	●		●	●	●	●	●	35j	Int*
Eprinomectine	BIMEPRINE® 5 mg/ml	●		●	●	●	●	●	15j	0h
	BIMEPRO® 5 mg/ml	●		●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRECIS® 20 mg/ml		●	●		●	●	●	63j	0h
	EPRECIS® 5 mg/ml	●		●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRINECTINE 5 mg/ml	●		●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRINEX ® 5 mg/mL	●		●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRIVALAN 5 mg/ml	●		●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRIZERO® 5 mg/ml	●		●	●	●	●	●	10j	0h
	NEOPRINIL® Pour-on 5 mg/ml	●		●	●	●	●	●	15j	0h
	ZEPPRIPOUR® 5 lmg/ml	●		●	●	●	●	●	15j	0h
	CYDECTINE® 0,5 % Pour on	●		●	●	●	●	●	14j	6j
Moxidectine	CYDECTINE® 1 % injectable		●	●		●	●	●	65j	Int*
	CYDECTINE® 10 % LA		●	●		●	●	●	108j	Int*
	CYDECTINE TRICLAMOX[1]	●		●				●	143j	Int*

-Noms en italiques : produit contenant en association une autre molécule active que celle indiquée dans le tableau.
1. Efficace également contre la douve du foie, *Fasciola hepatica*
*. Ne pas utiliser chez les femelles productrices de lait de consommation, en lactation ou en période de tarissement ni chez les futures productrices de lait de consommation dans les 60 jours qui précédent le vêlage.

Tableau I : Spécialités avec une AMM contre les poux commercialisées en France en 2020 (Bourguignon *et al* 2020).

2.3 - Les limites.

2.3.1 Les effets environnementaux.

L'élimination des molécules actives contre les poux et citées précédemment est essentiellement fécale. Leur présence sous forme active dans les fèces des animaux traités est particulièrement délétère car certaines espèces non-cibles en font les frais. Les RCP mentionnent d'ailleurs systématiquement une toxicité sur les organismes aquatiques, les abeilles et les bousiers. De nombreuses études viennent corréler ces observations.

McCracken, en 1993, affirme que les insectes qui se reproduisent exclusivement dans les excréments des herbivores traités avec des lactones macrocycliques vont être impactés par cette utilisation, notamment à certaines périodes très sensibles telles que la reproduction.

La même année, Halley, VandenHeuvel, et Wislocki se sont intéressés à l'impact de fèces d'animaux traités aux avermectines sur la survie des coléoptères mis à leur contact. Ils montrent qu'un coléoptère immature survit très mal à l'exposition à des fèces émis entre deux et huit jours après traitement à l'avermectine (mortalité maximale de 90% dans les excréments émis entre deux et trois jours après traitement, 27% dans les fèces émis le seizième jour). Toutefois, dans cette étude les coléoptères adultes ont survécu mais ont vu leur niveau de ponte baisser.

En 1998, Floate a montré une diminution significative du nombre d'insectes dans les bouses issues d'animaux traités à l'ivermectine.

Quatre ans plus tard, Lumaret et Errouissi se sont attachés à classer les différentes molécules selon leur toxicité vis-à-vis de la faune coprophage. Tandis que les résidus de benzimidazolés et de lévamisole sont relativement peu toxiques, le couphamos, le dichlorvos, la phénothiazine, la pipérazine, les pyréthrinoïdes de synthèse et la plupart des lactones macrocycliques possèdent une toxicité majeure pour la faune coprophage.

Les traitements disponibles contre les phtirioses impactent donc grandement la faune coprophage. Or, cette faune est indispensable car elle est la base de l'alimentation de nombreux oiseaux et petits mammifères (McCracken 1993). De plus, la conséquence directe d'une altération de cette faune particulière est le ralentissement voire l'absence de dégradation des bouses. Cela s'accompagne d'une érosion silencieuse de la biodiversité, avec un déséquilibre à long terme du fonctionnement des pâturages (Lumaret and Errouissi 2002).

Floate, en 1998 montre que les fèces issues d'animaux traités à l'ivermectine forment des masses dures et solides qui ne montrent aucun signe de dégradation après 340 jours, alors qu'une bouse normale est dégradée à 80% en 80 jours.

Les insectes coprophages sont cruciaux pour maintenir l'hygiène des pâturages, le cycle des nutriments, l'aération du sol, la teneur en humus, la percolation de l'eau et donc la productivité des pâturages. En outre, ils participent activement à ce que la zone de pâturage du bétail ne soit pas considérablement réduite par une accumulation de fumier (Patriarca 2004).

L'Australie en a fait les frais : face à une absence cruelle d'insectes coprophages, les pâturages se sont tellement altérés que l'état a dû payer des millions pour réintroduire cette faune.

Cependant, les bousiers ne sont pas les seuls à être victimes de ces traitements. D'autres espèces non-cibles comme les organismes aquatiques payent les pots cassés. Lorsque de l'ivermectine se retrouve dans les cours d'eau (traitement des saumons d'élevage contre les poux du saumon, mais aussi présence de bovins à proximité de cours d'eau juste après traitement), les auteurs constatent une bioaccumulation de cette molécule chez les moules ainsi qu'une mortalité anormale de nombreux organismes aquatiques (Grant and Briggs 1998).

Ces différents impacts montrent qu'il est essentiel de respecter les recommandations des RCP et tout particulièrement d'éviter de traiter avant la mise à l'herbe, afin de limiter l'accès à l'extérieur et *a fortiori* aux cours d'eau juste après traitement. Selon les molécules un délai de deux à cinq semaines est préconisé.

En tant que vétérinaire, il est essentiel de rappeler ces mesures à nos éleveurs.

2-3-2 Les résistances.

Depuis trente ans, concomitamment à l'essor de l'utilisation des produits chimiques, les éleveurs ont vu croitre les échecs aux traitements. Même si une mauvaise utilisation des molécules explique en partie ces échecs, le développement de résistances est une réalité.

La prise de conscience des praticiens quant à l'impact de leurs prescriptions en termes d'antiparasitaires est nécessaire. Les traitements ne doivent plus se faire en aveugle mais de manière raisonnée et les éleveurs doivent être éclairés sur les individus à traiter mais également le respect des posologies.

Alors que les plans écoantibios lancés depuis plusieurs années portent désormais leurs fruits sur l'utilisation des antibiotiques en élevage, les vétérinaires doivent désormais prendre en compte la problématique des antiparasitaires.

La revue présentée dans la deuxième partie de cette thèse permettra de rendre compte des nombreuses résistances existantes aujourd'hui chez les poux et de dresser un état des lieux de la situation.

3) Méthodes alternatives

Des études sur la recherche de méthodes alternatives se font jour. Elles sont intéressantes dans un contexte d'émergence de résistances mais également par souci environnemental.

Les huiles essentielles constituent un premier axe de recherche. Les études publiées ont été menées sur des ovins, mais semblent aisément transposables pour de futures études chez les bovins.

Les résultats concernant l'huile d'arbre à thé (*Melaleuca alternifolia*) sont prometteurs. James et Callander (2012) montrent que l'immersion de moutons tondus deux semaines auparavant dans des solutions d'huile d'arbre à thé à 1 et 2% permet de réduire le nombre de poux à un niveau non détectable et ce lors de chacun des contrôles à deux, six, douze et vingt semaines après traitement. Sur des moutons non tondus depuis six mois, l'aspersion de leur toison à haute pression avec les mêmes solutions à 1 ou 2% d'huile d'arbre à thé permet d'éliminer 94% des poux après deux semaines (par rapport à un groupe contrôle). L'huile d'arbre à thé pourrait donc être une solution efficace et respectueuse de l'environnement contre les poux.

L'utilisation d'un champignon capable de parasiter les poux, *Metarhizium anisopliae*, est une autre piste à explorer. La mortalité des poux augmente proportionnellement à la concentration en champignon et donc au nombre de poux infestés. Les résultats *in vivo* montrent que sur une peau tondue, l'aspersion d'une solution contenant ce champignon, à la dose de 10^8 conidies par millilitre, 73% des poux se retrouvent parasités par le champignon. En considérant que cette infestation entraine la mort du pou, cette proportion d'infestation est encourageante (Briggs, Colwell, et Wall 2006).

Bien que *Metarhizium anisopliae* ne permette pas l'élimination totale des poux, ce pourrait être une solution intéressante afin de limiter les infestations.

V) Article de vulgarisation : Phtirioses bovines : traitement et gestion des échecs aux traitements (Bourguignon *et al*, 2020).

Afin de mettre à jour les connaissances des vétérinaires ruraux, nous avons écrit un article (figure 20) à leur destination pour leur rappeler comment mettre en évidence une infestation par les poux dresser la liste exhaustive des molécules et des produits dont nous disposons aujourd'hui en France pour lutter contre les poux.

PRATIQUE

RÉSUMÉ Les phtirioses bovines, problèmes courants trop souvent négligés, peuvent être traitées essentiellement avec des pyréthrinoïdes, mais également avec d'autres molécules. Depuis une trentaine d'années des résistances à ces traitements sont apparues. Il existe une méthode utilisable en clinique pour évaluer la résistance. Il existe également des méthodes pour se prémunir de ces résistances. Recourir à des méthodes alternatives peut être une bonne solution pour diminuer l'impact environnemental des molécules couramment utilisées.

Phtirioses bovines : traitement et gestion des échecs aux traitements

Les phtirioses, fréquentes en élevage bovin, sont souvent ignorées. Le diagnostic a été abordé dans le Bulletin des GTV n°91 (3). Cet article présente les différentes possibilités de maitrise, ainsi que la gestion des échecs aux traitements.

Par **Lisa BOURGUIGNON**[1], **Lionel ZENNER**[2] **& Jacques DEVOS**[3]

1. Service de Parasitologie – Vetagro-Sup campus vétérinaire, 1 avenue Claude Bourgelat, 69280 Marcy l'Etoile, France

2. Service de Parasitologie – Vetagro-Sup campus vétérinaire, 1 avenue Claude Bourgelat, 69280 Marcy l'Etoile / Université de Lyon, Université Lyon 1, CNRS, UMR 5558, Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, 69622 Villeurbanne, France

3. Commission Parasitologie SNGTV, 1424 route de Tarare, 42360 Panissières

lisa.bourguignon@vetagro-sup.fr

Les poux sont des insectes parasites aptères, très spécifiques d'hôte et ne résistant quasiment pas dans le milieu extérieur. Les facteurs favorisant leur développement sont l'humidité, la chaleur, l'obscurité, la surpopulation (conditions de la stabulation hivernale) et la malnutrition (4).

Ils sont visibles à l'œil nu. Il existe deux sous-ordres : les Anoploures, ou poux piqueurs et les Mallophages, ou poux broyeurs. La distinction est essentielle car les modalités de traitement sont différentes (traitement externe obligatoire pour les broyeurs).

Les phtirioses touchent majoritairement les jeunes bovins et les animaux les plus faibles. Les impacts sur ces derniers sont multiples : dégradation du cuir, trichobézoards chez les veaux de boucherie en raison d'un léchage intempestif, pertes de croissance, chute de production laitière, transmission possible de Rickettsiae et d'Anaplasma et facilitateur, par les excoriations induites par le prurit, de la teigne [2]. L'impact des poux piqueurs est plus important que celui des poux broyeurs, car ceux-ci créent dans lésions profondes en perforant la peau et en abîmant le cuir. D'autre part, la détérioration du matériel par les grattages fréquents n'est pas négligeable.

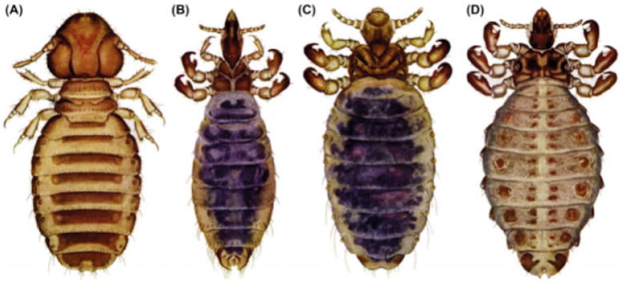
Repérer une infestation et identifier le parasite

Lors d'une visite en exploitation, des signes cliniques permettent de suspecter une phtiriose : dépilations, formation de plis sur l'encolure, zones de grattage et de léchage, squamosis important sur l'encolure, le garrot et la base de la queue. La mise en évidence du parasite permet de confirmer le diagnostic et de préciser l' ou les espèces en cause. Pour récolter les poux, on utilise un peigne fin, qu'on passe dans les zones les plus souvent infestées : base des cornes, encolure, garrot, ligne dorsale, zone périnéale, pourtour des yeux. Le produit de peignage est ensuite observé à la loupe binoculaire. Identifier plusieurs espèces sur un même animal est fréquent (**Tableau 1**).

Les traitements

Comme pour tout traitement, les insecticides ne doivent pas être sous-dosés, au risque d'observer de fréquentes rechutes nécessitant de nouveaux traitements. Idéalement, les traitements doivent être appliqués dès le début de l'infestation par les poux, le plus précocement possible et

Tableau 1. Présentation des différents poux chez les bovins.

Espèces	*Damalinia bovis* (A)	*Linognathus vituli* (B)	*Solenopotes capillatus* (C)	*Haematopinus* sp.(D)
Alimentation	Débris épidermiques (squames, poils)	Sang		
Description	Tête arrondie, plus large que le thorax et de couleur beige. très mobiles avec des pattes courtes et minuscules	Ils sont de couleur très foncée, avec une tête pointue, effilée, plus étroite que le thorax. Les poux piqueurs ont une taille souvent plus grande. Leurs pattes sont très bien développées et munies de pinces puissantes.		
Photos				

sur l'ensemble des animaux. Des traitements bien gérés permettent de limiter le développement des résistances et l'impact environnemental. Les médicaments ayant une AMM contre les poux chez les bovins sont présentés dans le **Tableau 2**.

Molécules utilisables [12]

Organophosphorés

Ce sont des inhibiteurs des cholinestérases. Ils sont responsables d'une accumulation d'acétylcholine au niveau synaptique, conduisant à une stimulation exagérée des récepteurs muscariniques et nicotiniques. Une phase d'hyperexcitation marquée et des convulsions sont suivies par la paralysie et la mort des parasites. En cas de surdosage, des symptômes similaires sont observés chez les mammifères.
Le phoxime est la molécule de cette famille utilisée majoritairement. Il est peu résorbé au niveau de la peau (pas d'activité systémique) et peu rémanent : il faut donc l'appliquer au moins deux fois à 7-10j d'intervalle. Il est principalement éliminé par voie urinaire.

Formamidines

Les formamidines agissent comme agonistes des récepteurs à l'octopamine dans le système nerveux central des insectes. Il en résulte une paralysie du parasite. Chez les mammifères, il y a de rares effets indésirables : somnolence, hypothermie, hyperglycémie, hypotension, bradycardie, ...
L'amitraz est le seul représentant de la famille possédant une AMM poux mais n'est plus commercialisé actuellement en France. Il dispose d'une faible rémanence et nécessite donc au moins deux traitements à 7-10j d'intervalle. L'absorption est lente et partielle mais peut donner lieu à des interactions avec d'autres substances aux mécanismes d'actions comparables comme les alpha-2-agonistes. Ce composé est principalement éliminé par voie urinaire.

Pyréthrinoïdes

Ce sont des composés synthétiques qui modifient la perméabilité des canaux sodiques et provoquent une hyperexcitation, suivie d'une paralysie, de tremblements et de la mort des parasites.
La deltaméthrine est le seul pyréthrinoïde à avoir une indication « poux » dans l'AMM (**Tableau 2**). Elle est métabolisée par le biais des voies oxydatives et est neurotoxique chez les mammifères, mais à des doses bien supérieures à celles nécessaires à son activité antiparasitaire. Elle agit rapidement par contact et est principalement excrétée dans les fèces. Il ne faut pas l'associer avec des insecticides organophosphorés, ceux-ci pouvant interférer avec son métabolisme et abaisser le seuil de toxicité de la molécule. Des effets indésirables chez les

Tableau 2. Les différentes molécules et médicaments ayant une AMM en France contre les phtirioses selon MedVet et les RCP (site ANSES).

Famille et principe actif	Nom déposé	Pulvérisation	Pour on	Spot on	Injectable	Poux piqueurs	Poux broyeurs	Tiques	Gales	Mouches/Myiases	Nématodes	Viande	lait
Organo-phosphorés													
Phoxime	SEBACIL® 50 % solution	●				●	●	●	●	●		40j	Int*
Pyréthrinoïdes													
Deltaméth	BUTOX® 50 pour mille	●				●	●	●	●	●		28j	24h
	BUTOX® 7,5 Pour on		●			●	●	●		●		18j	0h
	DECTOSPOT® 10 mg/ml		●			●	●			●		18j	0h
	DELTANIL® 10 mg/ml		●			●	●			●		17j	0h
	INSECINOR® 10mg/ml			●		●	●			●		17j	0h
	SPOTINOR® 10 mg/ml		●			●	●			●		17j	0h
	VERSATRINE®		●			●	●			●		18j	0h
Lactones macrocycliques													
Ivermectine	ANIMEC 10 mg/ml				●	●			●	●	●	49j	Int*
	ANIMEC D 10/100 mg/ml[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	BAYMEC® 0,5%		●			●	●		●	●	●	28j	Int*
	BIMECTIN 10 mg/ml				●	●			●	●	●	49j	Int*
	BIMECTIN® D 10/100 mg/ml[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	CEVAMEC®				●	●			●	●	●	49j	Int*
	CEVAMEC® D[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	DIVAMECTIN® 10 mg/ml				●	●			●	●	●	49j	Int*
	DIVAMECTIN Pour on		●			●	●		●	●	●	31j	Int*
	ENDECTINE D®[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	ENDECTINE Pour on		●			●	●		●	●	●	31j	Int*
	IVERTIN				●	●			●	●	●	49j	Int*
	IVOMEC®				●	●			●	●	●	49j	Int*
	IVOMEC® D[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	IVOMEC® Pour-on		●			●	●		●	●	●	16j	Int*
	POUROMEC®		●			●	●		●	●	●	28j	Int*
	PREVENSA® 5 mg/ml[1]				●	●			●	●	●	49j	Int*
	TOPIMEC 5 mg/ml		●			●	●		●	●	●	28j	Int*
	VERMAX® D[1]				●	●			●	●	●	49j	Int*
	VIRBAMEC® D[1]				●	●			●	●	●	66j	Int*
	VIRBAMEC® Pour on		●			●	●		●	●	●	28j	Int*
	VIRBAMEC® Injectable				●	●			●	●	●	49j	Int*

Tableau 2. Les différentes molécules et médicaments ayant une AMM en France contre les phtirioses selon MedVet et les RCP (site ANSES).

Doramectine	DECTOMAX® 10 mg/ml			●	●		●	●	●	70j	Int*
	DECTOMAX® Pour-on	●			●	●	●	●	●	35j	Int*
	ZEARL®			●	●		●	●	●	70j	Int*
	ZEARL® Pour-on	●			●	●	●	●	●	35j	Int*
Eprinomectine	BIMEPRINE® 5 mg/ml	●			●	●	●	●	●	15j	0h
	BIMEPRO® 5 mg/ml	●			●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRECIS® 20 mg/ml			●	●		●	●	●	63j	0h
	EPRECIS® 5 mg/ml	●			●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRINECTINE 5 mg/ml	●			●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRINEX ® 5 mg/mL	●			●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRIVALAN 5 mg/ml	●			●	●	●	●	●	15j	0h
	EPRIZERO® 5 mg/ml	●			●	●	●	●	●	10j	0h
	NEOPRINIL® Pour-on 5 mg/ml	●			●	●	●	●	●	15j	0h
	ZEPPRIPOUR® 5 lmg/ml	●			●	●	●	●	●	15j	0h
Moxidectine	CYDECTINE® 0,5 % Pour on	●			●	●	●	●	●	14j	6j
	CYDECTINE® 1 % injectable			●	●		●	●	●	65j	Int*
	CYDECTINE® 10 % LA			●	●		●	●	●	108j	Int*
	CYDECTINE TRICLAMOX[1]	●			●				●	143j	Int*

-Noms en italiques : produit contenant en association une autre molécule active que celle indiquée dans le tableau.
1. Efficace également contre la douve du foie, *Fasciola hepatica*
*. Ne pas utiliser chez les femelles productrices de lait de consommation, en lactation ou en période de tarissement ni chez les futures productrices de lait de consommation dans les 60 jours qui précédent le vêlage.

bovins sont rarement observés : hypersalivation, ataxie, diarrhée, hyper- ou hypothermie. Du fait d'une rémanence assez élevée, un seul traitement (pour-on) suffit en général à éradiquer les poux.

Les inhibiteurs de croissance

Les benzoylphényls, le diflubenzuron et le triflumuron sont efficaces contre les poux mais ne sont pas autorisés dans l'Union Européenne. Ce sont des inhibiteurs de la synthèse de chitine empêchant la formation de l'exosquelette des insectes et agissant dans l'œuf et sur les premiers stades larvaires. Leur mode d'action très spécifique permet d'assurer une utilisation très sécuritaire. En 2008, il a été rapporté des résistances à certains régulateurs de croissance chez *Damalinia. ovis* (6).
Aucune toxicité n'est rapportée et ces produits peuvent être utilisés chez les femelles gestantes. Les effets secondaires sont peu importants, voire négligeables, et se résument à une réaction locale au point d'application ou en cas d'ingestion (formes spot on) [14]. Toutefois, les benzoylphénylurées sont assez toxiques pour de nombreuses espèces d'insectes aquatiques et de crustacés et donc néfastes pour l'environnement, c'est pourquoi l'utilisation de ce produit n'est pas compatible avec les standards de qualité environnementale de l'UE et donc interdits de manière générale.

Lactones macrocycliques

Aussi appelées « endectocides », les lactones macrocycliques sont également anthelminthiques. Leur utilisation dans le traitement des phtirioses doit donc être justifiée par la nécessité de traiter simultanément contre les strongles. Ces molécules agissent après ingestion par le parasite via une paralysie sélective en relation avec une augmentation de la perméabilité musculaire aux ions Cl^- . Elles entraînent une paralysie flasque des muscles somatiques et inhibent l'ingestion alimentaire par blocage du muscle pharyngé. L'effet thérapeutique sélectif, avec une marge de sécurité importante, s'explique par une action sur les canaux à ions GluCl– qui sont présents chez les poux et absents chez les mammifères.

Quatre lactones macrocycliques différentes sont disponibles en productions animales (l'ivermectine, la doramectine, l'éprinomectine et la moxidectine) sous différentes formes galéniques (injectable ou pour-on). Les formes buvables (disponibles pour les ovins seulement) ne sont pas actives contre les parasites externes. Les formes injectables n'ont au mieux qu'une action partielle contre les poux broyeurs, contrairement aux pour-on.
Vu leur rémanence, une seule administration suffit généralement.
Elles sont éliminées principalement par les fèces sous forme active.

Les résistances

Des échecs aux traitements sont régulièrement rapportés. Faut-il d'emblée en conclure qu'il s'agit d'une résistance ?
La démarche à suivre est classique : le produit choisi est-il efficace contre les poux ? Le traitement a-t-il été correctement appliqué ? A la bonne dose ? Y a-t-il eu possibilité de réinfestation ? Ou développement d'une autre espèce ?
Des cas de résistances sont décrits depuis une trentaine d'année, en particulier chez les petits ruminants. Bien que des échecs de traitement soient également observés chez les bovins sur le terrain, les études menées concernent uniquement les ovins.
Durant les années 1990, plusieurs études sur les résistances des poux chez les ovins ont été menées en Australie et en Nouvelle-Zélande. En 1993, à la suite d'observations d'échecs aux traitements sur le terrain, des tests de résistance sur *Damalinia ovis* ont montré que certaines souches résistaient à des doses 80 à 900 fois supérieures à la dose de pyréthrinoïdes efficace contre des souches sensibles [11]. Dans une autre étude, la DL95 d'une souche résistante était 642 fois supérieure à celle d'une autre souche considérée sensible [9]. Ces poux résistants sont homozygotes pour un gène de résistance aux pyréthrinoïdes [11]. La population avait initialement une faible résistance qui a fortement augmenté. Deux mécanismes physiologiques peuvent contribuer à la résistance à la deltaméthrine : la mutation de la cible moléculaire de la deltaméthrine ou des enzymes du métabolisme glutathion-S-transférases [12]. Comme les applications pour-on de pyréthrinoïdes synthétiques créent un gradient de concentration à partir du site d'application sur l'ensemble de l'animal, il en résulte des expositions à des doses sublétales aux pyréthrinoïdes des poux situés le plus loin des zones d'application.
Toutefois dans ces études, aucune souche résistante aux pyréthrinoïdes ne serait résistante aux organo-phosphorés. Ainsi, alterner le type de molécule permettrait de ralentir la sélection des souches résistantes.
Contrairement aux populations de strongles résistantes aux anthelminthiques, les populations de poux résistantes aux pyréthrinoïdes peuvent redevenir sensibles comme l'a démontré une étude australienne [10]. En effet, lors de cette étude, l'arrêt de tout traitement pendant 10 ans sur des populations de poux très résistants, a permis de retrouver des populations sensibles aux pyréthrinoïdes. Attention cependant ! le retour de la résistance sera alors plus rapide que son installation initiale.
Lorsqu'on suspecte que des populations sont devenues résistantes, un protocole utilisé en laboratoire de recherche comme méthode de référence pourrait être utilisé en clientèle mais elle nécessite d'avoir en référence une population sensible (idéalement une ferme où il n'y a jamais eu de traitement) pour pouvoir comparer et être certain de la fiabilité des conditions expérimentales [8] (ex : pas assez d'humidité ou mauvaise température). Si des poux survivent à des concentrations supérieures à celle de l'AMM du produit utilisé, contrairement aux témoins sensibles, on pourrait alors les considérer comme résistants. Les grandes lignes d'un protocole pour tester la résistance de poux en laboratoire sont citées dans l'**Encadré 1**. Encore à l'étude, les méthodes PCR semblent prometteuses. En effet pour certaines résistances, on a réussi à identifier la mutation génétique en cause, que l'on peut alors détecter par PCR. Pour le moment, uniquement disponible pour des poux de l'homme résistants à la perméthrine et à l'ivermectine, elle pourrait faciliter la détermination des souches résistantes en élevage [1,5].

Encadré 1. Les grandes lignes d'un protocole pour tester la résistance de poux en laboratoire.

-Sur un carré de tissu de coton pur de 6cm de côté mettre 1mL de la molécule dont on veut étudier l'effet.

- Disposer des poux adultes sur chaque tissu et les confiner dans un anneau d'acier inoxydable (50mm de diamètre, 15 mm de haut).

- Utiliser plusieurs concentrations de contrôle, le tout en double, afin de vérifier les résultats.

- Mettre ces échantillons à 34°C, 80% d'humidité, dans l'obscurité, pendant 16h.

- Puis, à la loupe, on classe les poux comme vivants (actifs) ou moribonds (incapables de s'éloigner s'ils sont touchés).

Conséquences sur l'environnement (12, 13)

La deltaméthrine et les lactones macrolides, éliminées via les fèces, sont très toxiques pour les bousiers, les organismes aquatiques et les abeilles. Une moindre présence de coléoptères coprophages entraine alors une accumulation des bouses et une diminution de la productivité de la pâture. Cela réduit aussi fortement les ressources alimentaires de certains insectivores (oiseaux, chauve-souris) prédateurs également d'autres insectes nuisibles. De plus, un traitement juste avant la mise à l'herbe a davantage de répercussions négatives puisqu'il impacte les individus transhivernants, qui vont engendrer les nouvelles populations.

Ces molécules sont persistantes dans les bouses et peuvent s'accumuler dans les sédiments. Elles persistent dans le fumier stocké mais, si il est épandu en couche mince, elles sont détruites par les UV. Les formulations pour-on seront préférées aux solutions à pulvériser, sauf à gérer strictement les effluents (récupération et traitement via les circuits agréés). Selon les RCP, il est recommandé de mettre les animaux à l'écart des cours d'eau pendant une durée variable pouvant aller jusqu'à 5 semaines.

Méthodes alternatives

En raison de l'augmentation des résistances, on peut être tenté de se tourner vers d'autres méthodes que les produits chimiques. Une étude a montré que l'huile essentielle d'arbre à thé, Melaleuca alternifolia, a des effets insecticides contre les œufs et les adultes de *Bovicola ovis* [7]. Cette étude montre une grande efficacité de ce produit : que ce soit par immersion ou par aspersion, la totalité des poux ont disparu au bout de deux semaines. Dans cette étude, l'huile d'arbre à thé a été émulsifiée dans de l'eau en utilisant un mélange d'huile de ricin éthoxylée et de l'acide oléique éthoxylée combinés dans un rapport 7:3. Les formulations de 1 ou 2% d'huile d'arbre à thé ne donnent pas de résultats significativement différents. Certains produits, hors AMM, composés d'huiles essentielles (citronnelle, Géranium, Palmarosa,…) sont commercialisés. Ils ne sont pas concernés, à ce jour, par les délais d'attente.

Conclusion

Si les formulations à base de deltaméthrine sont très souvent utilisées pour le traitement des phtirioses, il est possible de varier les protocoles, sauf chez les animaux laitiers pour qui les délais d'attente lait limitent de facto le choix aux formulations pour-on de delataméthrine. Ceci peut être intéressant pour limiter les risques d'apparition de résistances. Comme pour les nématodoses, les échecs de traitement peuvent être investigués en clinique (diagnostic précis de l'espèce de pou, test en clinique). Il est primordial donc que les praticiens s'impliquent dans un diagnostic précis et une gestion rigoureuse de cette pathologie qui peut sembler banale.

REMERCIEMENTS :

Cet article fait partie d'un travail de thèse soutenu par le laboratoire Bayer.

BIBLIOGRAPHIE

1 - AMANZOUGAGHENE N., FENOLLAR F., NAPPEZ C., BEN-AMARA A., DECLOQUEMENT P., AZZA S., BECHAH Y., CHABRIERE E., RAOULT D., MEDIANNIKOV O. Complexin in ivermectin resistance in body lice. PLoS Genetics. 2018;14:e1007569.

2 - CONSTABLE P.D., BLOOD D.C., RADOSTITS O.M. Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats. 11th edition. St. Louis, Missouri. 2016:1623-1625.

3 – DEVOS J., JAKOBCZYK C, ZENNER L. Phtirioses en élevage bovin laitier : enquête épidémiologique dans les monts du Lyonnais. Bulletin des GTV. 2018;91:71-77.

4 - DORCHIES P., DUNCAN J., LOSSON B., ALZIEU J.P. Vade-Mecum de parasitologie clinique des bovins. Paris: Editions Med'com. 2012:182-187.

5 - DRALI R., BENKOUITEN S., BADIAGA S., BITAM I., ROLAIN J.M., BROUQUI P. Detection of a Knockdown Resistance Mutation Associated with Permethrin Resistance in the Body Louse *Pediculus humanus* corporis by Use of Melting Curve Analysis Genotyping. Journal of Clinical Microbiology. 2012;50:2229 2233.

6 - JAMES P.J., CRAMP A.P., HOOK S.E., Resistance to insect growth regulator insecticides in populations of sheep lice as assessed by a moulting disruption assay. Medical and Veterinary Entomology. 2008;22:326-330.

7 - JAMES P.J., CALLANDER J.T. Dipping and jetting with tea tree (*Melaleuca alternifolia*) oil formulations control lice (*Bovicola ovis*) on sheep. Veterinary Parasitology. 2012;189:338-343.

8 - LEVOT G.W., HUGHES P.B. Laboratory Studies on Resistance to Cypermethrin in *Damalinia Ovis* (schrank) (***phthiraptera*** : *Trichodectidae*). Australian Journal of Entomology. 1990;29:257 259.

9 - LEVOT G. High level resistance to cypermethrin in the sheep body louse. Australian veterinary Journal. 1992;69:120.

10 - LEVOT G. Unstable pyrethroid resistance in sheep body lice *Bovicola ovis* (Schrank), (*Phthiraptera : Trichodectidae*) and its implications for lice control on sheep. Veterinary parasitology. 1992;285:274-278.

11 - MARTIN P.J. The development of high synthetic pyrethroid resistance in *Bovicola* (*Damalinia*) *ovis* and the implications for resistance management. Australian Veterinary Journal. 1993;70:209-211.

12 - Med'Vet 2019 http://med-vet.fr/

13 – VIRLOUVET G. Effets des antiparasitaires sur les insectes coprophages. Le Point Vétérinaire. 2005;255:42-45.

14 - ANONYME, SPC of the 4Farmers Trilumuron 25 pour on lousicide http://websvr.infopest.com.au/LabelRouter/Label?ProductCode=55485&LabelType=L&HasMPL=False&IsSponsor=False&Mode=1

Figure 20 : article de vulgarisation écrit à destination des vétérinaires praticiens (Bourguignon *et al* 2020).

Partie 2 : partie expérimentale.

I) Étude expérimentale de la dynamique de population des poux.

1 – Introduction.

En France, les bovins peuvent être communément infestés par quatre espèces de poux : *Damalinia bovis*, *Linognathus vituli*, *Haematopinus eurysternus* et *Solenopotes capillatus*.

Les différentes études dans le monde concernant la prévalence des poux et les espèces en présence dans les élevages ont obtenu des résultats variés. C'est le cas par exemple, au Pakistan où trois études ont été menées en 2006, 2008 et 2009. Sur neuf-cent-neuf vaches étudiées en 2009, 38,3% étaient infestées par des poux et uniquement avec *D. bovis* (Naseem and Kakarsulemankhel 2009). En 2008, Kakar et Kakarsulemankhel ne mettaient en évidence des poux seulement chez 7,17% des vaches étudiées, sans en préciser les espèces. Enfin, dans l'étude de 2006, 24% des bovins étaient parasités, avec uniquement des poux piqueurs (*H. eurysternus*, *H. tuberculatus*, et *L. vituli*) (Hussain *et al.* 2006). Plus proche de nous, en 2018, une étude menée dans les Mont du Lyonnais, a montré que 90% des élevages étudiés étaient atteint de phtiriose, avec 31% des animaux concernés. Cette année-là et dans les élevages étudiés, l'espèce majoritairement présente était *D. bovis* (60% des élevages, 55% des animaux), suivie de *H. eurysternus* (45% des élevages, 34% des animaux), puis de *L. vituli* (25% des élevages, 16% des vaches) et enfin de *S. capillatus* (20% des élevages, 11% des animaux) (Jakobczyk, 2018).

Si nous nous intéressons maintenant à la répartition des différentes espèces de poux sur le corps des bovins, nous trouvons que peu d'études. Chalmers et Charleston (1980a) indiquaient que *D. bovis* était majoritairement localisé au niveau des épaules, tandis que *L. vituli* se retrouvait plutôt vers le cou. Watson, Lloyd, et Kuma (1997) montraient que *D. bovis* était essentiellement retrouvé sur le garrot, en région interscapulaire tandis que *H. eurysternus* et *S. capillatus* étaient préférentiellement localisés sur la tête. *L. vituli* aurait lui une répartition assez homogène. Les études sur ces zones de prédilection des poux sont donc peu nombreuses mais avec des résultats variés. Jakobczyk (2018), avait trouvé *S. capillatus* et *L. vituli* exclusivement sur le garrot. *D. bovis* a majoritairement été observé sur le garrot, mais également sur la tête, le dos et le flanc, en de plus faibles proportions. Il était en revanche totalement absent de la croupe tandis que *H. eurysternus* était essentiellement observé sur celle-ci (et également sur le garrot). Ce dernier avait aussi été observé en petite quantité sur le dos et le flanc. *H. eurysternus* n'était jamais retrouvé sur la tête. Un point important est que toutes ces études portent sur la répartition des poux à un instant t sans s'intéresser aux variations au cours du temps.

Les études sont encore plus rares concernant les interactions voire les compétitions possibles entre les différentes espèces de poux chez les bovins. Chalmers et Charleston (1980a), en étudiant la répartition de *L. vituli* et *D. bovis,* seules espèces en présence lors de leur étude, ont remarqué qu'en cas de forte infestation, les poux se regroupaient par espèce mais qu'en revanche, si l'infestation était modérée, toutes les espèces de poux étaient mélangées sur l'hôte. Trivedi *et al* (1990) ont étudié sur les volailles l'influence du nombre d'espèce de poux en présence sur la répartition de celles-ci. Des différences significatives de répartition selon les espèces en présence ont

été observées. De même, l'absence de certaines espèces influait sur les proportions des espèces présentes. Ce type d'étude n'existe malheureusement pas chez les bovins.

Nous pouvons donc noter un manque de données et d'informations sur les espèces de poux et leur dynamique de population au sein des élevages et des individus. Nous pouvons ainsi nous poser certaines questions telles que : la répartition des espèces de poux varie-t'-elle au cours du temps ? la présence de certaines espèces influe-t-elle sur la proportion et la localisation des autres ? existe-t-il une compétition entre les différentes espèces de poux ?

Nous avons donc voulu aborder certaines de ces questions par un suivi des populations de poux présentes dans des élevages de bovins lors de la période hivernale.

2 – Matériel et méthodes.

2.1. Sélection et description des élevages

Les critères de sélection des élevages ont été :

- élevages sans traitement contre les phtirioses effectués au cours de la dernière année.
- élevages avec de fortes infestations et la présence des quatre espèces de poux l'année précédente (Jakobczyk, 2018).

Ainsi, deux élevages fortement positifs ont été sélectionnés parmi les vingt élevages étudiés lors de la thèse de Jakobczyk (Jakobczyk, 2018). Ces deux élevages sont situés dans les monts du Lyonnais. Le premier élevage (A) comprend une trentaine de Montbéliardes en stabulation libre avec accès à l'extérieur. Le second (B) est constitué de dix vaches de race Tarentaise, à l'attache et avec accès au pâturage en journée. Aucun des animaux de ces deux élevages n'ont reçu d'antiparasitaire externe depuis la dernière étude.

2.2 Méthode.

Nous avons utilisé la méthode décrite dans la thèse de Jakobczyk (Jakobczyk, 2018) qui permet d'avoir une bonne sensibilité et une bonne spécificité. Les visites se sont déroulées du 17 Novembre 2018 au 04 Mai 2019, toutes les trois semaines sur la période hivernale.

Après examen global du troupeau, dix vaches ont été sélectionnées pour chaque élevage, afin d'effectuer une recherche de poux. Il s'agissait en priorité des vaches présentant des signes cliniques évocateurs (traces de léchage, de grattage, poils piqués et dépilation). Dans l'élevage A, parmi ces dix vaches, huit étaient toujours les mêmes et deux étaient sélectionnées de façon aléatoire, afin de vérifier que l'évolution des populations n'était pas perturbée par les prélèvements. Dans l'élevage B, l'effectif étant trop faible, les dix mêmes vaches ont été prélevées à chaque visite.

Chaque vache a été peignée avec un peigne à puces (Henry Schein®, longueur des dents en métal 1,2 cm, longueur du peigne 5,5cm et manche de 8 cm), dix fois sur cinq zones (tête, garrot, dos, creux du flanc d'un côté et creux de l'ischium en dessous de la queue, comme indiqué sur la figure 21). À chaque visite, le côté de prélèvement a été alterné, droit ou gauche.

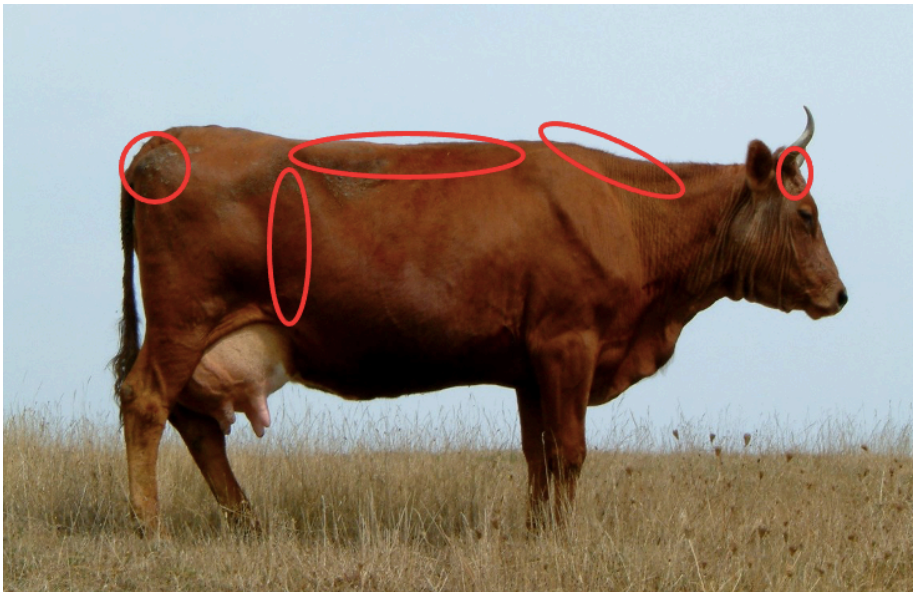


Figure 21 : Schéma de la localisation des sites de prélèvements.

Après chaque passage, les éléments cutanés et parasitaires récoltés par le peigne ont été examinés dans le creux de la main, à l'éclairage d'une lampe frontale. L'expérimentateur portant des gants blancs, les poux hématophages sont facilement visibles. Pour chaque site peigné les poux visibles à l'œil nu ont été dénombrés. L'ensemble des prélèvements, poils et débris de peau inclus, a été placé dans un pot identifié pour chaque vache et pour chaque zone. Ces pots ont ensuite été amenés au laboratoire. Ainsi, à chaque visite, cinquante prélèvements ont été effectués pour les dix vaches. Chaque ferme a été visitée neuf fois lors de l'hiver.

Les prélèvements, acheminés au laboratoire dans les deux heures ont ensuite été examinés dans leur totalité à la loupe binoculaire pour identifier des poux, les compter et effectuer une diagnose d'espèce grâce à la clé d'identification présentée en figure 19.

3 - Résultats.

Sur l'ensemble des visites, trente-deux poux ont été observés dans l'élevage A. Les poux ont été observés de janvier à avril. L'espèce majoritairement retrouvée a été *D. bovis* (vingt-huit des trente-deux poux observés, soit 88%), et l'a été tout au long de la période de présence des poux. *L. vituli* a également été observé, mais uniquement en avril. La figure 22 permet de voir combien, quand et quel type de poux ont été retrouvés. Lors des visites où des infestations ont été constatées, un à deux des dix animaux étaient parasités.

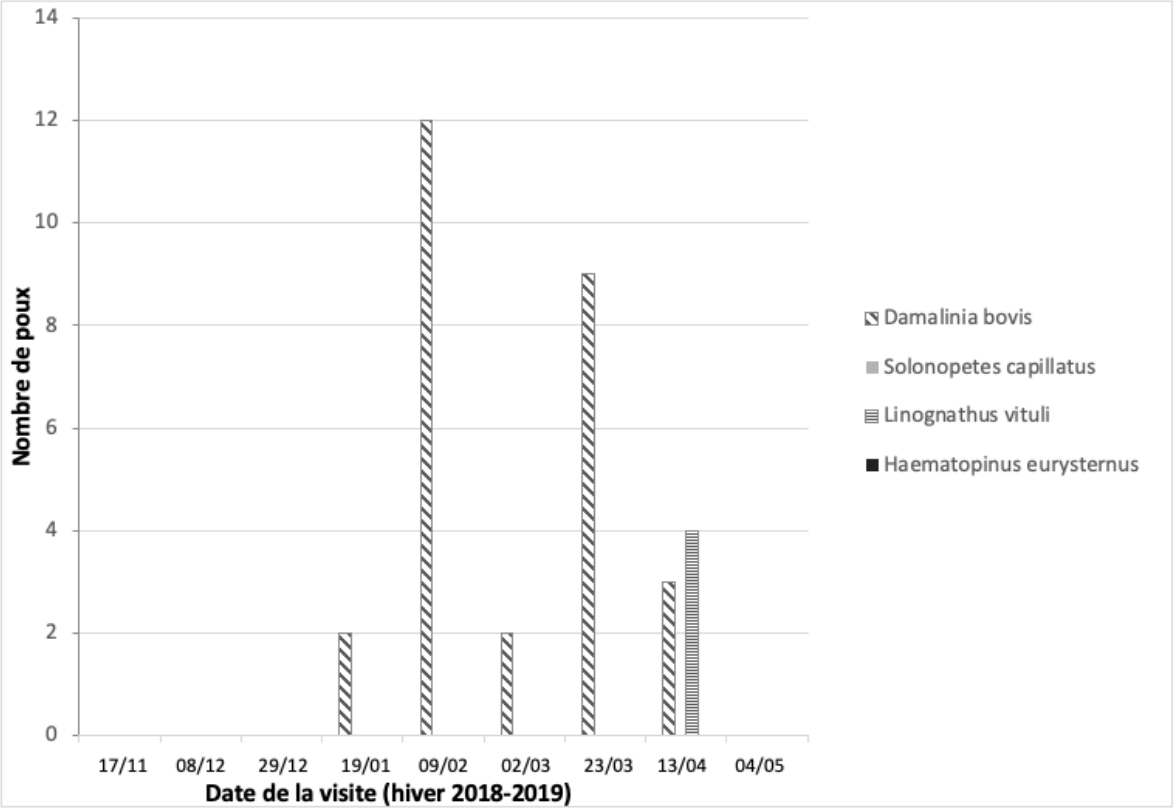


Figure 22 : Histogramme des résultats issus de la ferme A.

Dans l'élevage B, sept poux ont été observés au total, lors de trois visites : la seconde visite de décembre et celles du mois de mars (voir figure 23).

D. bovis était l'espèce la plus retrouvée (six poux sur sept, soit 86% des cas). *L. vituli* est l'autre espèce retrouvée. *D. bovis* a été mis en évidence à chaque visite où des poux ont été observés, tandis que *L. vituli* n'a été retrouvé que lors de la première visite positive de décembre.

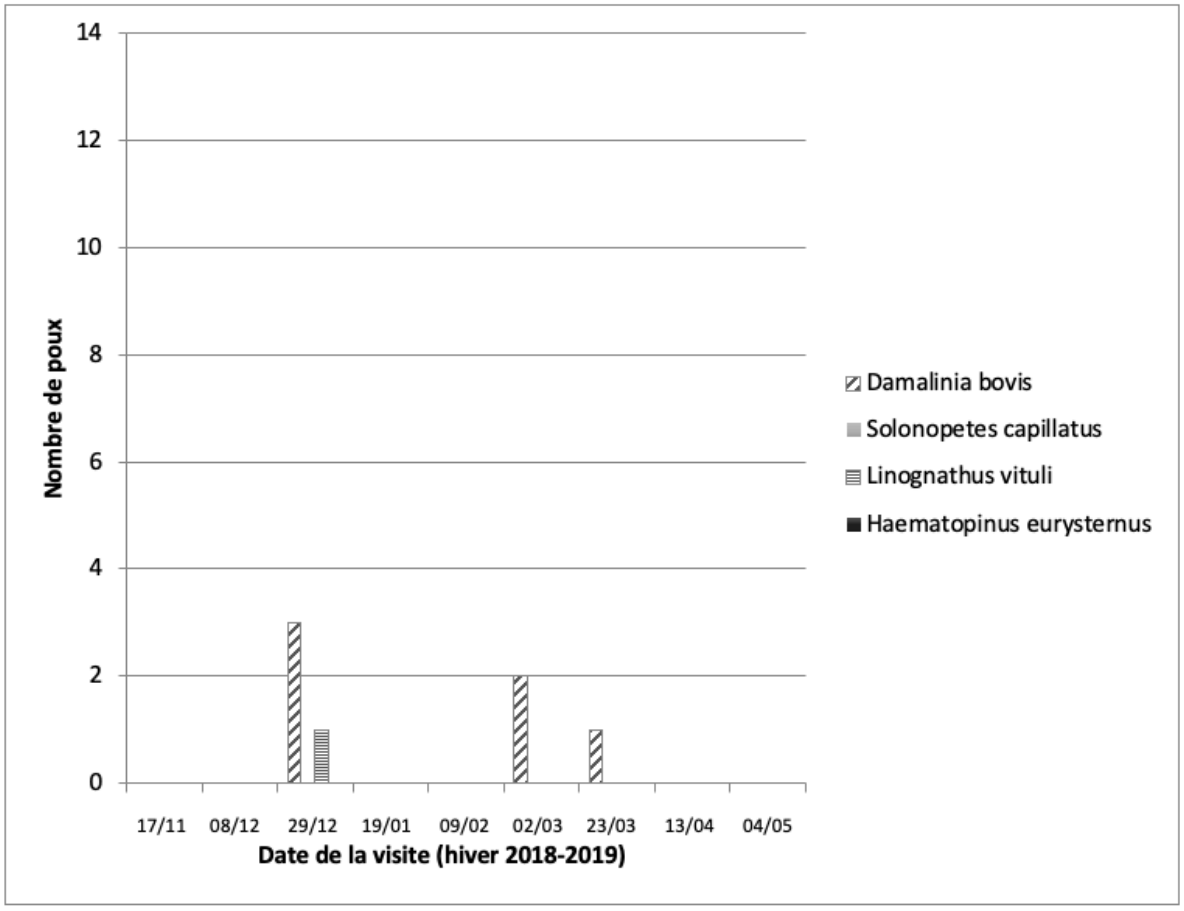


Figure 23 : Histogramme des résultats issus de la ferme B.

Concernant la localisation des poux sur le corps des bovins parasités, dans la ferme A, sur trente-deux poux, vingt-cinq ont été trouvés sur la ligne du dos, mais également trois au niveau de la tête et quatre au niveau du creux de l'ischium en dessous de la queue. *L. vituli* a été la seule espèce retrouvée au niveau du creux de l'ischium et l'a été uniquement à cet endroit.

Dans la ferme B, aucun pou n'a été retrouvé sur la ligne du dos. Concernant *D. bovis* deux poux ont été observés au niveau du creux de l'ischium, deux au niveau du creux du flan, un au niveau de la tête et un au niveau du garrot. L'unique *L. vituli* a été retrouvé au niveau du creux de l'ischium.

4 - Discussion.

Actuellement, la littérature ne nous permet pas de déterminer si la répartition corporelle des différentes espèces de poux varie au cours du temps, ni s'il existe des compétitions entre les différentes espèces de poux parasitant les bovins. Cette étude était menée dans le but d'étudier ces deux paramètres.

Dans l'élevage A trente-deux poux ont été retrouvés, sept dans l'élevage B, ce qui est extrêmement faible. Cette étude a montré des taux de poux très inférieurs à l'étude précédente dans les mêmes élevages (Jakobczyk, 2018). De ce fait, il est impossible de tirer des conclusions générales de ces observations et nous ne sommes pas en mesure de répondre à notre questionnement initial.

Dans les deux élevages, seules deux des quatre espèces de poux que nous pouvons retrouver en France ont été détectées, les mêmes dans les deux élevages (*D. bovis* et *L. vituli*). Pourtant, lors de l'étude précédente (Jakobczyk 2018) les quatre espèces de poux avaient été observées dans ces mêmes élevages.

Dans l'élevage A, *L. vituli* n'a été observé que lors de la dernière visite positive tandis que dans l'élevage B il n'a été observé que lors de la première visite positive.

Un autre élément étonnant est que dans l'élevage B, des poux ont été observés lors de trois visites qui ne se suivaient pas : la seconde visite de décembre et celles du mois de mars, sans l'être entre ces visites, ce qui met en évidence la limite de sensibilité de détection par notre méthode.

Concernant la localisation des poux, à la lumière des faibles effectifs obtenus, il est compliqué de conclure également. Toutefois, dans chaque ferme *L. vituli* a uniquement été retrouvé au niveau du creux de l'ischium. Il serait intéressant dans une étude future de confirmer cette observation. Toutefois, Watson, Lloyd, et Kumar (1997) qui ont étudié la localisation des poux selon leur espèce ne sont pas en accord avec cette observation, *L. vituli* ayant été retrouvé de façon homogène sur l'ensemble du corps des individus étudiés. En ce qui concerne *D. bovis*, il a été retrouvé sur l'ensemble des localisations étudiées, avec, dans l'élevage A une majorité des poux sur la ligne du dos. Cette trouvaille est cohérente avec la distribution trouvée par Watson, Lloyd, et Kumar (1997), avec une répartition homogène mais avec une préférence pour la ligne du dos.

Nous pouvons nous interroger sur les raisons pour lesquelles les poux étaient en aussi faible quantité lors de notre étude. Dans l'étude précédente (Jakobczyk 2018), les élevages étudiés étaient fortement parasités, ce qui n'a pas été le cas lors de notre étude. Nous avons décidé de ne pas changer de fermes en cours d'étude, car il nous semblait possible qu'une infestation à bas bruit puisse repartir puisque les élevages étudiés étaient fortement parasités lors de l'étude précédente plutôt que d'avoir des élevages où le parasitisme était déjà très fortement installé dès le départ. Il aurait été très intéressant de voir cette phase de montée en puissance des parasites.

La première explication d'un défaut de la méthode de prélèvement et d'observation des poux ne semble pas logique, puisque cette méthode a démontré son efficacité lors de l'étude précédente.

Une autre explication serait que les éleveurs ont essayé d'améliorer la conduite de leur élevage par le biais de traitements antiparasitaires par exemple. Cette explication n'a toutefois pas été confirmée puisque les éleveurs nous ont indiqué ne rien avoir changé à leur conduite d'élevage depuis la première étude.

Une autre explication pourrait être zootechnique. En effet, nous savons que de fortes infestations sont présentes lorsqu'il y a des facteurs dégradants concomitants. C'est le cas par exemple du surpeuplement ou d'une alimentation déséquilibrée ou carencée (Cummins and Tweedle 1977). Les infestations sont rarement massives sur des animaux en bonne santé avec une conduite d'élevage irréprochable. Bien que les éleveurs nous aient rapportés ne rien avoir changé, peut-être que lors de notre étude l'alimentation étaient de meilleure qualité (il est difficile pour l'éleveur d'avoir une idée précise de la qualité des pâtures, de la quantité d'herbe ingérée etc.). Ainsi, peut-être que lors de la première étude, les animaux étaient en moins bon état que lors de notre étude, et étaient plus sensibles aux phtirioses. Cependant, ne pouvant pas comparer ces éléments avec la première étude, nous ne pouvons pas être certain que cette explication soit la bonne.

Nous avons cherché à trouver d'autres facteurs pouvant expliquer les résultats obtenus. Nous savons également que l'intensité des infestations est modulée par les conditions météorologiques : les poux meurent dans un environnement trop chaud et sec, en été par exemple (Cortinas and Jones, 2006). Il est ainsi possible que l'été précédant l'étude a été suffisamment chaud et sec pour éliminer les poux de ces élevages. Cette explication semble improbable puisque de fortes infestations ont été observées dans des élevages proches de ceux étudiés, profitant d'un même climat. Une seconde possibilité est qu'au moment de la rentrée des animaux, la proximité de ceux-ci n'était pas suffisante afin que les quelques animaux encore parasités après l'été infestent les autres. Cette hypothèse parait également peu plausible, puisque dans l'élevage A, les animaux, en stabulation, étaient souvent en contact, que ce soit aux cornadis ou à la faveur des échanges sociaux entre les individus. D'autre part, dans l'élevage B, les animaux étaient à l'attache et profitaient d'une grande proximité avec leurs congénères.

Après avoir réfléchi à ces différentes hypothèses, nous n'avons pas réussi à expliquer précisément pourquoi nous n'avons trouvé que si peu de poux lors de notre étude. L'hypothèse la plus vraisemblable reste donc celle selon laquelle lors de notre année d'étude les animaux des élevages étudiés avaient un meilleur état général et donc une meilleure résistance aux phtirioses que lors de la première étude.

Le questionnement scientifique initial ayant toujours sa place, il faudrait réitérer cette étude. Toutefois, nous pouvons réfléchir aux éléments qu'il faudrait modifier. Une option serait de faire une première visite dans un plus grand nombre d'élevages, et sélectionner les deux élevages à étudier suite à cette première visite. Ainsi, les expérimentateurs seraient certains de la présence de poux l'année d'étude.

Le reste du protocole n'a pas besoin d'être changé puisque sa méthode a été validée lors de l'étude précédente (Jakobczyk 2018).

II) Analyse des études portant sur les molécules utilisées dans le contrôle des phtirioses des ruminants.

1) Introduction.

Comme nous avons pu le voir dans la première partie, les poux en élevage bovins sont un problème fréquent et parfois grave. Leurs impacts sont multiples et non négligeables. Traiter devient alors une nécessité, tant pour le bien-être des animaux que pour un aspect économique. Depuis une cinquantaine d'années, de multiples études ont été menées sur le sujet. Il nous semblait donc intéressant de faire un point complet sur les molécules disponibles, leur efficacité en traitement et en prévention, et enfin sur les résistances recensées et connues.

Nous avons donc réalisé une synthèse la plus exhaustive possible des études menées sur le sujet, en englobant les études concernant les traitements chez les bovins, les ovins et les caprins.

Le nombre de molécules et de médicaments utilisés contre les poux chez les ruminants est important et le travail présenté ici permettra d'avoir une vision globale et synthétique des traitements contre les phtirioses dont nous disposons aujourd'hui.

2) Matériel et méthode.

Dans un souci de transparence, la méthode utilisée pour réaliser cette synthèse sur les traitements contre les phtirioses chez les ruminants va être entièrement expliquée. Afin d'être certain de l'exhaustivité des références et dans un souci de reproductivité, nous avons utilisé la méthodologie de recherche de la littérature d'une revue systématique mais sans effectuer l'analyse des articles via les grilles de lecture. Il ne s'agit pas à proprement parler d'une revue systématique même si ce travail partage en partit la méthodologie.

Sur le moteur de recherche scientifique PubMed, l'équation de recherche suivante a été utilisée :

(lice or louse or Damalinia or Haematopinus or Solenopotes or Linognathus) AND (bovine or ruminant or cattle or sheep) AND (efficiency or therapy or control or treatment or study or resistance)

Au 18 Octobre 2020, nous avons obtenu trois cent cinquante et un résultats.

Une première sélection a ensuite été effectuée sur le titre : nous n'avons conservé que les articles portant sur les bovins, ovins ou caprins en éliminant ceux qui traitent des buffles, des ânes, des chevaux, des cerfs et des impalas pour les espèces hôtes, et des parasites marins type poux de mer. L'autre but de la sélection sur titre a été d'éliminer les articles qui ne sont pas des études expérimentales sur l'efficacité d'un

traitement ou d'une prévention, ou d'une résistance. C'est-à-dire nous avons éliminé les articles de revue, les articles qui rapportent des expérimentations effectuées par des personnes qui ne sont pas les auteurs, etc.

En cas de doute ou d'imprécision sur le titre, l'article est conservé et fera l'objet d'un second filtrage.

À la fin de cette première sélection sur le titre, il nous reste cent douze articles sur trois cent cinquante et un.

Une deuxième sélection des articles s'est faite sur le résumé de l'article et les mêmes critères de sélection ont été gardés. À cette étape ont également été éliminés les doublons et les articles qui n'étaient ni en français ni en anglais (Allemand, polonais, turc).

À la fin de cette sélection, quatre-vingt-dix-neuf articles ont été conservés (voir figure 24).

Les données brutes expérimentales ont été extraites de chaque article en fonction des trois catégories qui nous intéressaient c'est-à-dire l'efficacité en traitement, la rémanence et les résistances.

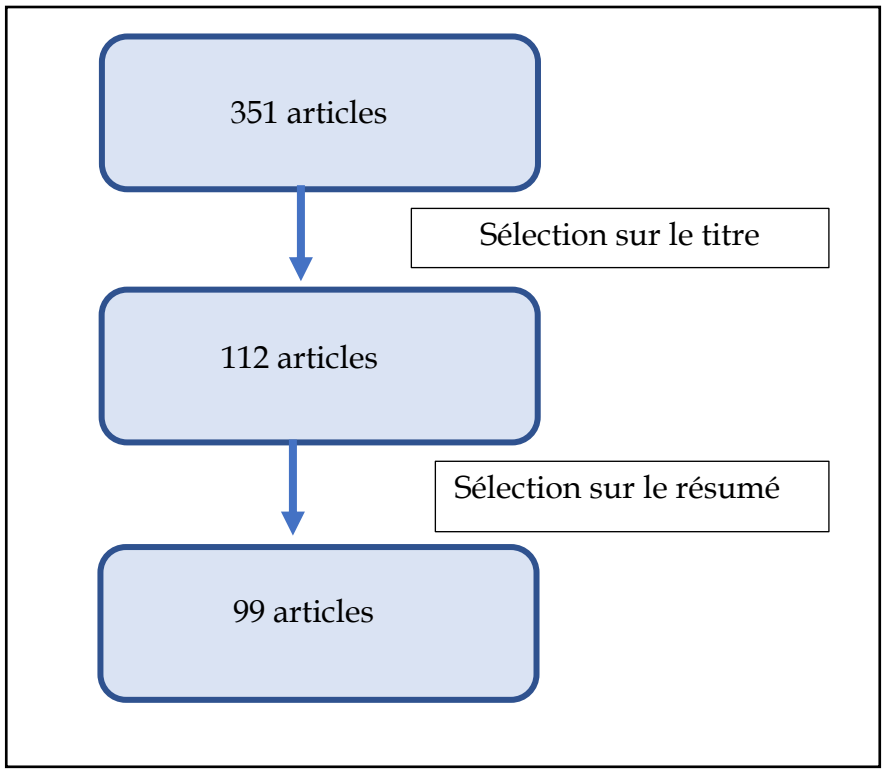


Figure 24 : Organigramme du dénombrement et de la sélection des articles.

3) Résultats et discussion.

Cette étude indique qu'une quarantaine de molécules ont été testées sur les animaux. La plupart ont été étudiées à partir des années 70 mais quelques-unes dès 1945. Certaines de ces molécules ne sont plus légalement autorisées pour des raisons de toxicité (la plupart des organophosphorés par exemple comme le Diazinon, le

methidathion, le fenthion, le dichlorvos ou encore des organochlorés comme le DDT). Nous allons nous focaliser dans la suite de cette revue uniquement sur les molécules encore autorisées en France.

Les familles et les molécules que nous avons alors conservées sont :

- Les pyréthrinoïdes (la deltaméthrine, la cyperméthrine, la perméthrine, la cyhalothrine et la cyfluthrine).
- Les lactones macrocycliques (l'ivermectine, l'éprinomectine, la moxidectine, la doramectine, la phoenectine et l'abamectine).
- Nous parlerons également d'études plus isolées et variées sur d'autres molécules comme les inhibiteurs de croissance, les produits naturels etc.

Nous allons présenter dans un premier temps les résultats issus de l'étude des articles portant sur l'efficacité des traitements contre les poux chez les ruminants, avant de nous intéresser aux études concernant la rémanence, pour, enfin, discuter de celles menées sur les résistances.

3.1 – Efficacité des différentes molécules :

Comme nous l'avons vu, les espèces de poux des bovins, en France, sont *S. capillatus, L. vituli, H. eurysternus* et *D. bovis*. Les ovins sont quant à eux parasités par *L. ovillus, L. pedalis* et *D. ovis*. Chez les caprins, nous pouvons retrouver *L. africanus, L. stenopsis, D. caprae* et *D. limbata.*

3.1.1 – Les pyréthrinoïdes.

Les pyréthrinoïdes ont été synthétisés à partir des années 1960 et s'imposent dans la pharmacopée vétérinaire dans les années 1970 où la toxicité des organophosphorés et des organochlorés fait qu'ils sont de moins en moins utilisés.

Les pyréthrinoïdes sont des neurotoxiques qui immobilisent rapidement les organismes cibles. Ils interfèrent avec la propagation des signaux neuronaux : en maintenant l'ouverture des canaux sodiques des neurones, ils permettent des influx nerveux à répétition ou une dépolarisation. Cela provoque une hyperexcitation, suivie d'une paralysie, de tremblements et de la mort des parasites. Bien qu'ici nous nous intéressons seulement à l'indication poux, il faut préciser que l'ensemble des produits à base de pyréthrinoïdes ayant une AMM poux dispose également d'une indication contre les mouches. Les tableaux II, III et IV récapitulent les études menées sur les pyréthrinoïdes et les efficacités des différentes molécules selon les études.

Aujourd'hui, en France, la deltaméthrine est le seul pyréthrinoïde à avoir une indication « poux » chez les bovins et ovins dans l'AMM. Elle est métabolisée par le biais des voies oxydatives et est neurotoxique chez les mammifères, mais à des doses bien supérieures à celles nécessaires à son activité antiparasitaire. Elle agit rapidement par contact et est principalement excrétée dans les fèces. Il ne faut pas l'associer avec des insecticides organophosphorés, ceux-ci pouvant interférer avec son métabolisme et abaisser le seuil de toxicité de la molécule. Des effets indésirables chez les bovins sont rarement observés : hyper-salivation, ataxie, diarrhée, hyper- ou hypothermie.

L'ensemble des études menées sur les pyréthrinoïdes dans le cadre des traitements contre les poux des bovins sont synthétisées dans le tableau II qui suit.

AMM existante[1]	Âge des bovins	Modalité d'infestation [2]	Doses et nombre de traitement	Protocole d'évaluation de l'efficacité	Allotement	% d'efficacité [3]	Nbr [4]	Source
Deltaméthrine *pour on*								
Poux, gale, tiques, mouches BV OV	N.D	Inf. naturelle : 10 traités 10 placebos	750µg/kg	5 sites de 10 x 10cm à J0, 14, 28, 42, 56.	N.D	D. b. et H. e. : 100% dès J14. S. c. : 86 à 95% à J56 selon les études. L. v. : 80,6 à 100% à J42 selon les études.	5	Rothwell *et al*, 1999
Deltaméthrine *spot on*								
Poux, gale, tiques, mouches BV OV	N.D	Inf. naturelle : 106 traités	10mL de solution à 1% soit 100 mg par animal, sans impact du poids de l'animal.	4 sites à J0, semaines 3, 6, 9.	Groupes séparés	D. b., H. e. : pas de poux à partir de S3. L. v. : infestation légères S3 et S6 puis plus rien, ou plus de poux dès S3 selon les études.	4	Titchener, 1985
Perméthrine *pour on*								
Non	N.D	Inf. naturelle : 18 traités 9 non traités	3,33mg/kg	7 sites de 5 x 10cm à J-1, 14, 28, 42, 60	Groupes séparés.	95,5 à 100% à S2, 62 à 85% à S8 sur L. v., S. c., H. e., D. b.	1	Campbell *et al, 2001*
	N.D	Inf. naturelle : 5 traités 5 non traités	0,44mg/kg	7 sites de 5 x 10cm à J-1, 14, 28, 42, 60	Groupes séparés.	59,8 % à S2, 76,3% à S4 sur L. v., S. c., H. e., D. b.	1	Campbell *et al, 2001*
	N.D	Inf. naturelle : 5 traités 5 non traités	33 mg/kg	7 sites de 5 x 10cm à J-1, 14, 28, 42, 60	Groupes séparés.	57,2 % à S2, 79,2% à S4 sur L. v., S. c., H. e., D. b.	1	Campbell *et al, 2001*
Cyperméthrine spray								
Non	N.D	Inf. naturelle : 42 traités	1g/kg	4 sites à J0, à semaines 3, 6, 9.	Groupes séparés.	D. b., L. v., H. e., S. c. : plus de poux à partir de S3.	3	Titchener, 1985
Zêta-cyperméthrine *pour on*								
Non	N.D	Inf. naturelle : 30 traités 10 placebos	1mg/kg 2,5mg/kg	5 sites de 10 à 10cm à J0, 14, 28, 42, 56.	N.D	H. e. (et D. b.) : 100% à tous les dosages à partir de J14 (J28). 1mg/kg : L. v. : 5,4 à 97% à J42. S. c. : 89 à 93% à J56. 2,5mg/kg : L. v. : 90 à 99% à J42. S. c. : 97 à 100% à J56.	5	Rothwell *et al*, 1999
Cyhalothrine en spray								
Non	N.D	Inf. naturelle : 48 traités	100mg/kg 250mg/kg	4 sites à J0, à semaines 3, 6, 9.	Groupes séparés.	D. b., L. v., H. e. : plus de poux à partir de S3.	4	Titchener, 1985
Lambda-cyhalothrine *pour on*								
Non	N.D	Inf. naturelle : 74, avec des traités et des non-traités	366 à 636 µg/kg	7 sites de 5 x 15cm à J-1, 14, 28, 42, 56.	N.D	D. b. et H. e. : 100% dès S2. L. v. : 100% à partir de S2 dans 2 études, et de 80,6 à 97,7% dans la troisième. S. c. : de 52,1 à 100% à S8.	4	Endris *et al, 2002*
	N.D	Inf. naturelle : 20 traités 10 non traités	500 µg/kg	7 sites de 5 x 10cm à J-1, 14, 28, 42, 60	Groupes séparés.	100% à partir de S2 sur L. v., S. c., H. e., D. b.	1	Campbell *et al, 2001*
Cyfluthrine *pour on*								
Non	3,5 à 9 mois.	Inf. naturelle : 7 traités 7 non traités	0,44 mg/kg	8 sites de 5 x 15cm, à J-3 puis toutes les semaines pendant 8 semaines.	Groupes séparés.	L. v. : 83,8 à 85,9% à S1, 77,4 à 93,9% à S8. D. b. : > 98,3% pendant 7 semaines. S. c. : > 98,1% de S2 à S8.	2	White *et al, 2007*
	N.D	Inf. naturelle : 6 traités 6 non traités	0,22 à 0,33 mg/kg	8 sites de 5 x 15 cm à J-7, -1, 7, 14, 21, 28, 35.	N.D	D. b. : 100% à partir de J7. S. c. : 93,05 à 98,65% de J7 à J35. L. v. : 61,82 à 95,55% de J7 à J35.	1	Kaufman *et al, 2001*

N .D : non-déterminé J : jour S : semaine D.b. : *Damalinia bovis* L. v. : *Linognathus vituli*
S. c. : *Solenopotes capillatus* H. e. : *Haematopinus eurysternus* Inf. : infection. BV : bovins OV : ovins

[1] : Existe-t-il une AMM en France pour cette molécule et cette voie d'administration chez les ruminants, si oui, contre quoi et chez quelles espèces.
[2] : Placebo signifie qu'un produit sans principe actif a été appliqué par la même méthode que les animaux traités, tandis que les « non traités » sont des animaux qui n'ont rien reçus.
[3] : L'efficacité est calculée comme suit : (Nombre de poux chez les individus non-traités ou placébos – nombre de poux chez les individus traités) / Nombre de poux chez les individus non-traités ou placébos.
[4] : Nombre d'étude dont les résultats sont présentés dans l'article.

Tableau II : Synthèse des différentes études concernant les pyréthrinoïdes menées sur les poux des bovins.

Au cours de notre recherche bibliographique, nous avons identifiés six articles sur des études d'efficacité de pyréthrinoïdes sur les bovins, concernant sept molécules différentes.

Chez les bovins, les molécules testées ont été la deltaméthrine (*pour on* et *spot on*), la perméthrine (*pour on*), la cyperméthrine (spray), la zêta-cyperméthrine (*pour on*), la cyhalothrine (spray), la lambda-cyhalothrine (*pour on*) et la cyfluthrine (*pour on*).

Dû à la multiplicité des molécules testées et du peu d'études par molécule il est difficile d'établir une comparaison très fine.

Parmi les molécules testées, seule la deltaméthrine a une AMM poux et bovin en France. Mise à part la cyperméthrine, les autres pyréthrinoïdes étudiés dans les articles, ne disposent d'aucune AMM chez les ruminants en France, même pour d'autres indications que poux. La cyperméthrine fait exception en disposant d'une AMM contre les mouches chez les bovins sous forme de plaquettes auriculaires (Flectron®) et d'une forme en spray chez les ovins dont nous parlerons par la suite. Concernant la deltaméthrine, elle dispose de sept AMM en France (Butox 50 pour mille®, Butox 7,5®, Dectostop®, Deltanil®, Insecinor®, Spotinor®, Versatrine®) avec différentes voies d'administration : en pulvérisation, en *pour on* ou en *spot on*.

Pour cinq de ces spécialités, l'AMM poux est à 100 mg de Deltaméthrine par animal, sans prendre en compte le poids de l'animal. Cette posologie est celle utilisée lors des études de Titchener (1985). Dans ce travail, cette dose a montré une efficacité atteignant les 100% contre les différentes espèces de poux en présence. Une des spécialisés à base de Deltaméthrine préconise la Deltaméthrine à la dose de 75mg par animal (Butox 7,5 ®). Enfin, la spécialité par pulvérisation (Butox 50 pour mille®) est à utiliser à la dose de 12,5mg/L, mais la quantité de solution à mettre sur le corps de l'animal n'est pas indiquée dans son RCP. Cette présentation est celle qui dispose des temps d'attente les plus longs, 28 jours pour les abats et la viande, 24h en lait, contre 17 ou 18 jours en viande et abats pour les *pour on* et *spot on* et 0h en lait. Dans l'article de Rothwell *et al* (1999), la dose testée est bien supérieure aux doses habituellement utilisées, car 750 µg/kg correspond à 375 mg de Deltaméthrine pour un animal de 500kg, soit 3,75 fois plus que les 100 mg par animal majoritairement retrouvés dans les AMM en France. Les excellentes efficacités ne sont donc pas extrapolables aux produits utilisés sur le terrain, qui sont utilisés à des doses moindres.

Parmi les autres molécules testées, nous pouvons noter des efficacités variables en fonction des doses et des molécules, mais pouvant atteindre des taux similaires à la deltaméthrine. Nous remarquerons que Endris *et al* (2002) ont trouvé de très bons résultats pour la lambda-cyalothrine qui dispose déjà d'une AMM poux en Amérique du Nord. De plus, la lambda-cyhalothrine est déjà utilisée comme pesticide en France. Toutefois, ces molécules ne sont pas nouvelles, et ne disposent toujours pas d'AMM en France. Il semble peu probable que cela va changer dans les années à venir. De plus, vu les résistances à cette famille d'antiparasitaire chez les ovins (cf. partie 3.3), les pyréthrinoïdes ne semblent pas être une solution d'avenir.

Le tableau III qui suit, relate les résultats des différentes études menées sur les pyréthrinoïdes concernant les poux des ovins.

AMM existante[1]	Âge des ovins	Modalité d'infestation	Doses et nombre de traitement	Protocole d'évaluation de l'efficacité.	Allotement	% d'efficacité [2]	Remarque[3]	Source
Deltaméthrine *pour on*								
Poux, gale, tiques, mouches OV BV	Agneaux	Inf. naturelle : 25 traités 24 non traités	8 mL à 10g/L	12 sites de 10 x 10cm à J-12 et J 37.	Groupes non-séparés.	D. o. : Par rapport au groupe contrôle, 53% n'ont plus de poux.	Laine de 10cm de long	Heath *et al*, 1992a
Cyperméthrine *pour on*								
Poux broyeurs, tiques, myiases, mouches OV	Agneaux	Inf. naturelle : 288 pour la totalité des études.	2,5 mg/kg	6 sites de 10 x 10cm à J0, 18, 32, 48.	Groupes séparés.	D. o. : de 96,8% à J18 à 100% à J48.	Laine de 4,9 à 6,4mm	Heath *et al*, 1995
	1 an	Inf. naturelle : 7 traités 7 non traités	2,5 mg/kg	12 sites de 10 x 10cm à J0 puis semaines 4, 6, 9, 10, 12, 13, 15, 16.	Groupes séparés.	D. o. : 100% à S9, 68% à S10 suite à un challenge, 72% à S16.	Laine de 8 à 12,5cm Challenge à S9, 12, 13.	Heath *et al*, 1992b
	1 an	Inf. naturelle : 16 traités 14 non traités	4 mg/kg	12 sites de 10 x 10cm à J0 puis semaines 4, 6, 9, 10, 12, 13, 15, 16.	Groupes séparés.	D. o. : laine de 6 semaines de long (2-4cm) : >98% à partir de S4. Laine de 12 semaines de long (8-12,5cm) : 100% de S6 à S15, 97% S16.	2 études selon longueur de la laine. (2 à 12,5cm) Challenge à S9, 12, 13.	Heath *et al*, 1992b
	Agneaux	Inf. naturelle : 25 traités 24 non traités	4 mg/kg	12 sites de 10 x 10cm à J-12 et J 37.	Groupes non-séparés	D. o 60% des animaux n'ont plus de poux par rapport au groupe contrôle	Laine de 10cm de long	Heath *et al*, 1992a
	Agneaux	Inf. naturelle : 25 traités 24 non traités	2,5 mg/kg	12 sites de 10 x 10cm à J-12 et J 37.	Groupes non-séparés	D. o. : Pas de différence significative avec le groupe contrôle	Laine de 10cm de long	Heath *et al*, 1992a
	6 à 9 mois.	Inf. naturelle : 16 traités	2 à 10 mg/kg	10 sites de 5 x 10cm à	Groupes séparés 1 semaine puis non-séparés.	D. o : 98 à 100% à S16.	Tondu 24h avant.	Henderson and McPhee, 1983
Cyperméthrine en boucles auriculaires								
Mouches BV	N.D	Mis en contact pendant 2 à 4 semaines avec des individus infestés : 6 traités 6 non traités	Boucles avec cyperméthrine 8,5%	20 sites de 20 x 10cm à J0 puis semaines 2, 5, 7, 9 puis toutes les 4 semaines jusqu'à S45.	Chaque groupe séparé	D. o. : > 76% de S7 à S25. 67% à S29 puis augmente jusqu'à 98% à S45	Laine de 12 mois.	James *et al*, 1990
	N.D	Inf. naturelle : 6 traités 6 non traités	Boucles avec cyperméthrine 8,5%	21 sites de 10 x 10cm toutes les deux semaines jusqu'à S26 puis à S30 et S38	Groupes séparés	D. o. : 89% à S16 et 85% à S35.	Laine de 2 mois.	James *et al*, 1989
Alpha-cyperméthrine en spray								
Non	N.D	Inf. naturelle : 24 traités 24 non traités	10 mL à 20g/L	12 sites de 10 x 10cm à J-12 et J 37.	Groupes non-séparés.	D. o. : 80% des animaux sans pour par rapport au groupe contrôle.	Laine de 10cm de long	Heath *et al*, 1992a
	N.D	Inf. naturelle : 24 traités 24 non traités	10 mL à 50g/L	12 sites de 10 x 10cm à J-12 et J 37.	Groupes non-séparés.	D. o : éradication à J37	Laine de 10cm de long	Heath *et al*, 1992
Cyhalothrine en spray								
Non	N.D	Inf. naturelle : 21 traités	100 mL à : 0,5 g/L 1g/L 1,5 g/L	40 sites de 10cm à J0, 4, 9, 16, 23, 30, 70, 100.	Groupes séparés	D. o. : 0,5g/L : >98% à partir de J9. 1g/L : 100% à partir de J16. 1,5g/L : 100% à partir de J9.	Efficacité comptée par rapport à J0, pas groupe contrôle Laine de 68mm.	Wilkinson, 1985

N.D : non-déterminé J : jour S : semaine D.o. : *Damalinia ovis* Inf. : infection. OV : ovins BV : bovins

[1] : Existe-t-il une AMM en France pour cette molécule et cette voie d'administration, si oui, contre quoi et chez quelles espèces.

[2] : L'efficacité est calculée comme suit : (Nombre de poux chez les individus non-traités ou placébos – nombre de poux chez les individus traités) / Nombre de poux chez les individus non-traités ou placébos.

[3] : Sauf mention contraire, chaque article traite d'une seule étude

Tableau III : synthèse des différentes études concernant les pyréthrinoïdes menées sur les poux des ovins.

Concernant l'efficacité sur les ovins, sept articles font part d'études d'efficacité de pyréthrinoïdes, concernant quatre molécules différentes.

Les molécules testées sont la deltaméthrine (*pour on*), la cyperméthrine (*pour on* et en boucles auriculaires), l'alpha-cyperméthrine (spray) et la cyhalothrine (spray).

Parmi les molécules testées, la deltaméthrine et la cyperméthrine ont une AMM poux et ovins en France.

La Deltaméthrine dispose de sept AMM poux ovins, qui correspondent aux mêmes produits que ceux disponibles chez les bovins (Butox 50 pour mille®, Butox 7,5®, Dectostop®, Deltanil®, Insecinor®, Spotinor®, Versatrine®). Heath *et al* (1992) sont les seuls à avoir étudié l'efficacité de la Deltaméthrine chez les ovins. L'efficacité rapportée est mauvaise (seulement 53% des poux éliminés par rapport au groupe contrôle) à la dose de 80 mg par animal. La dose testée est supérieure à celles recommandées dans les différents RCP. En effet, dans cette étude 80 mg de Deltaméthrine sont appliqués en *pour on* sur des agneaux tandis que cinq des spécialités préconisent dans leur RCP 50 mg par animal adulte, 25mg pour les agneaux lorsque cela est précisé. Butox 7,5® recommande une dose de 75mg par animal, dose supérieure aux autres produits, alors que nous avons vu qu'ils préconisaient une dose inférieure aux autres produits lorsqu'utilisé sur les bovins. La mauvaise efficacité de la Deltaméthrine chez Heath *et al* (1992) à des doses supérieures à celles des RCP pourrait expliquer des échecs de traitements à ces spécialités. D'autre part, on sait que sous-doser favorise l'apparition de résistance. Dans la mesure où la molécule est peu efficace à une dose supérieure dans l'étude de Heath *et al* (1992), respecter les doses des RCP revient probablement à sous-doser et donc à favoriser des résistances. Toutefois, en ne disposant que d'une unique étude, il faut rester prudent, car ces spécialités, pour obtenir une AMM ont dû démontrer leur efficacité. Concernant les délais d'attente, il faudra y être vigilant, puisque par exemple en temps d'attente lait cela peut varier d'un délai d'attente nul, à une interdiction complète d'utilisation chez les brebis dont le lait sera destiné à la consommation humaine. Cela est même étonnant, puisque pour une même spécialité, le produit peut être utilisé chez les vaches laitières et interdit chez les brebis laitières. De même, le temps d'attente viande et abats sont également très variables, pouvant aller de 2 à 35 jours.

Concernant la Cyperméthrine, il existe une unique AMM poux ovine, en *pour on* : Ectofly®, avec une indication uniquement contre les poux broyeurs, à une dose de 3,13 mg/kg. Nous remarquons que ce dosage est entre les deux dosages testés dans les différents articles qui sont de 2,5 mg/kg et 4 mg/kg. Il est recommandé de traiter peu de temps après la tonte, afin que la laine ne gêne pas la pénétration cutanée du produit. L'efficacité de la Cyperméthrine *pour on* est très bonne à excellente pour la plupart des articles, excepté pour Heath *et al* (1992) qui ne trouve pas de différence significative entre le groupe traité et le groupe contrôle. Il reste difficile de tirer des conclusions définitives quant à une meilleure efficacité ou non selon les dosages car les études ne sont jamais menées de la même manière (challenge, longueur de la laine, groupes séparés ou non, etc.). Néanmoins, nous remarquerons qu'il existe désormais de nombreuses résistances rapportées vis-à-vis de la cyperméthrine chez les ovins (cf. partie 3.3). Aucune AMM n'existe en France chez les ovins sous forme de boucles auriculaires à base de Cyperméthrine. Cela nous a interpellé car des études ont été menées et cela existe chez les bovins. De manière générale, il n'existe aucun produit sous forme de boucle auriculaire chez les ovins. Les résultats de ces études étaient satisfaisants car ils sont bons, sans être excellents, sur des animaux avec une quantité de laine importante.

L'alpha-cyperméthrine et la cyhalothrine ont de bonnes efficacités dans les études présentées, mais ne disposent pas d'AMM en France.

La tableau IV présente les différentes études menées sur les pyréthrinoïdes dans le traitement des phtirioses caprines.

AMM existante[1]	Âge des caprins	Modalité d'infestation	Doses et nombre de traitement	Protocole d'évaluation de l'efficacité.	Allotement	% efficacité [2]	Nombre d'étude	Source
Fluméthrine *pour on*								
Tiques BV	Adultes	Inf. naturelle : 10 traités 10 non traités	1 mg/kg	5 sites de 10 x 10 cm, à J0 et 42.	Groupes séparés.	D. c. : 100% à J42.	1	Garg *et al*, 1998
Cyperméthrine *pour on*								
Poux broyeurs, tiques, myiases, mouches OV	1 an	Inf. naturelle : 20 traités 20 non-traités	4 mg/kg	10 sites de 20cm à J-1, 14, 28, 56.	Groupes séparés.	D. c., L. s., L. a. : 100% à J14 et 28. 99,7% à J56.	1	Himonas and Liakos, 1989

N.D : non-déterminé J : jour D. c. : *Damalinia caprae* L. s. : *Linognathus stenopsis* L. a. : *Linognathus africanus* Inf. : infection BV : bovins OV : ovins

[1] : Existe-t-il une AMM en France pour cette molécule et cette voie d'administration, si oui, contre quoi et chez quelles espèces.

Tableau IV : synthèse des différentes études concernant les pyréthrinoïdes menées sur les poux des caprins.

Seulement deux articles présentent des résultats de recherches sur l'efficacité des pyréthrinoïdes dans le cadre de traitement des phtirioses chez les caprins.

La fluméthrine *pour on* et la cyperméthrine *pour on* ont été étudiées. Les études indiquent, l'une comme l'autre, une excellente efficacité des deux produits. Cependant, il n'existe aucune AMM en France de pyréthrinoïdes chez les caprins. Nous remarquerons tout de même que la fluméthrine *pour on* dispose d'une AMM en France chez les bovins contre les tiques : Bayticol 1%. Les spécialités à base de Deltaméthrine étant nombreuses chez les bovins et les ovins, il serait intéressant de mener des études sur les caprins afin de se savoir si la deltaméthrine peut être efficace sur les poux de ces derniers.

3.1.2 – Les lactones macrocycliques.

La deuxième grande famille de molécules utilisée dans la lutte contre les phtirioses sont les lactones macrocycliques. Ce sont des endectocides, efficaces à la fois contre des parasites externes et internes. Concernant leur spectre d'action contre les parasites internes, il est restreint aux nématodes. En effet, les trématodes et les cestodes y sont naturellement résistants. Ces molécules activent les canaux chlorures glutamate-dépendants présents dans les cellules nerveuses ou musculaires des invertébrés, absents chez les mammifères. La marge de sécurité est donc très grande. Une fois ces canaux activés, la membrane cellulaire devient plus perméable aux ions chlorure, entraînant une hyperpolarisation de la cellule, qui conduit à une paralysie flasque du parasite.

Nous parlerons plus tard des phénomènes de résistances concernant l'indication poux de certaines molécules, mais il est important de faire remarquer que

les lactones macrocycliques font face à un gros problème de résistances chez les nématodes, notamment chez les petits ruminants (Wolstenholme and Kaplan, 2012).

Le tableau V synthétise les éléments des différents articles traitants des études menées sur l'efficacité des lactones macrocycliques contre les poux des bovins.

AMM existante[1]	Âge des bovins	Modalité d'infestation [2]	Doses et nombre de traitement	Protocole d'évaluation de l'efficacité.	Allotement	% d'efficacité [3]	Nbr[4]	Source
Ivermectine injectable								
BV, PC : Nématodes, larve de diptères, poux, gale. OV : Nématodes, larve de diptères, gale.	10 mois	Inf. naturelle : 10 traités 10 non-traités	200µg/kg	5 sites de 10 x 10cm à J-7, 0, 7, 14, 28, 42, 56.	Groupes séparés.	L. v. > 99% à partir de J7.	1	Stevonson *et al*, 2002
	Veaux	Inf. naturelle : 6 traités dose unique 6 traités 2 doses à 7 jours 6 non traités	200µg/kg	10 sites de 5 x 5cm à J0, 7, 14, 28, 56.	Groupes séparés.	L. v. : 100% à partir de J3 D. b. : >97% à partir de J28.	1	Schroder *et al*, 1985
	Veaux	Inf. naturelle : 12 traités 8 non traités	200µg/kg	10 sites de 5 x 5cm à J0, 7, 14, 28, 56.	Groupes non-séparés	L. v. : 100% de J3 à J29 puis > 98%. D. b. : 67% dès J3 puis >98% à partir de J8	1	Schroder *et al*, 1985
	18 à 24 mois.	Inf. naturelle : 12 traités 12 placébos	200µg/kg	4 sites de 4 x 4cm à J0, 7, 14, 21, 28.	Séparés individuellement	S. c. : 100% à partir de J7.	2	Barth and Preston, 1985
Ivermectine *per os*								
OV : vers ronds gastro-intestinaux, vers pulmonaires, oestrose.	10 mois	Naturellement : 10 traités 10 non-traités	200µg/kg	5 sites de 10 x 10cm à J-7, 0, 7, 14, 28, 42, 56.	Groupes séparés.	L. v. > 99% à partir de J7.	1	Stevonson *et al*, 2002
	Veaux	Inf. naturelle : 6 traités dose unique 6 traités 2 doses à 7 jours 6 non traités	200µg/kg	10 sites de 5 x 5cm à J0, 7, 14, 28, 56.	Groupes séparés.	L. v. : 100% à partie de J3 D. b. : - une dose : >80% à partir de J28 -double dose : 71 à 85% de J3 à J28 puis 30%	1	Schroder *et al*, 1985
	Veaux	Inf. naturelle : 12 traités 8 non traités	200µg/kg	10 sites de 5 x 5cm à J0, 7, 14, 28, 56.	Groupes non-séparés.	L. v. : 100% de J3 à J29 puis > 97%. D. b. : 61 à 70% entre J4 et J36 puis 40%.	1	Schroder *et al*, 1985
Ivermectine *pour on*								
BV : Nématodes, larve de diptères, poux, gale.	N.D	Inf. naturelle : 8 traités 11 non traités	500µg/kg	7 sites de 5 x 10cm à J-1, 14, 28, 42, 60	Groupes séparés.	100% à partir de S2 sur L. v., S. c., H. e., D. b.	1	Campbell *et al*, 2001
	12 mois	Inf. naturelle : 6 traités 6 non traités	500µg/kg	6 sites de 5 x 20cm à J0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56.	Groupes séparés.	100% à partir de J14 sur D. b.	1	Polley *et al*, 1998
	7 mois	Inf. naturelle : 6 traités 6 placebos	500µg/kg	5 sites de 0,5 x 15cm à J-1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56.	Séparés individuellement	D. b : 100% à partir de J7.	1	Alva-Valdes *et al*, 1986
	> 16 semaines	Inf. naturelle : 6 traités 6 non-traités	500µg/kg	6 sites de 5 x 20cm à J-2, 7, 14, 21, 28	Groupes séparés.	L. v. et D. b. : 100 à partir de J7.	1	Titchener *et al*, 1994

AMM existante[1]	Âge des bovins	Modalité d'infestation [2]	Doses et nombre de traitement	Protocole d'évaluation de l'efficacité.	Allotement	% d'efficacité [3]	Nbr[4]	Source
Éprinomectine *pour on*								
BV : nématodes, hypoderme, gale, poux.	Bovins	Inf. naturelle : 8 traités 11 non traités	500µg/kg	7 sites de 5 x 10cm à J-1, 14, 28, 42, 60	Groupes séparés.	100% à partir de S 2 sur L. v., S. c., H. e., D. b.	1	Campbell *et al*, 2001
	1,5 à 3 mois	Inf. naturelle : 13 traités 13 non-traités ou placebos selon l'étude	500µg/kg	6 sites à J0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56.	Séparés individuellement	100% à partir de J7 ou J14 sur L. v. selon l'étude	2	Rehbein *et al*, 2005
	4,5 à 5 mois	Inf. naturelle : 8 traités 8 placebos	500µg/kg	6 sites à J0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56.	Séparés individuellement	100% à partir de J7 sur D. b.	1	Rehbein *et al*, 2005
	5 à 12 mois	Inf. naturelle : 48 traités 48 non traités	500µg/kg	6 à 9 sites à J0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56.	Séparés individuellement	D. b., H. e., L. v. : 100% après J14. S. c. : 100% à partir de J7.	6	Holste *et al*, 1997
	< 1 an	Inf. naturelle : 18 traités 6 placebos	250 µg/kg 500 µg/kg 750 µg/kg	8 sites de 5 x 15 cm à J0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56.	Séparés individuellement	100% à partir de J7 sur S. C., D. b., L. v.	1	Holste *et al*, 1997
	< 1 an	Inf. naturelle : 18 traités 6 non traités	125µg/kg 250 µg/kg 500 µg/kg	8 sites de 5 x 15 cm à J0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56.	Séparés individuellement	125µg/kg : >94% sur L. v. sur toute la durée de l'étude, 100% à partir de J21 sur D. b. 250µg/kg : 100% sur L. v. dès J7,99% à J56. 100% à partir de J28 sur D. b. 500µg/kg : 100% à partir de J14 sur L. v. et D. b.	1	Holste *et al*, 1997
	7 à 14 mois	Inf. naturelle : 16 traités 4 placebos	160 µg/kg 240 µg/kg 320 µg/kg 500 µg/kg	52 sites de 0,5 x 4 cm à J0, 3, 7, 14.	Séparés individuellement	Sur L. v. : 100% à partir de J7 pour 160, 240 et 320 µg/kg ; 99% àJ7 et 100% à J14 pour 500 µg/kg.	1	Shoop *et al*, 1996
Moxidectine injectable								
BV : nématodes, hypoderme, gale, poux.	N.D	Inf. naturelle : 20 traités 10 placebo	750µg/kg 1000µg/kg	9 sites de 5 x 15cm à J-1 et 28.	Groupes séparés.	100% sur L. v. et S. c. à J28 pour les deux dosages.	1	Cleale *et al*, 2004
	9 à 36 mois	Inf. naturelle : 10 traités 10 non traités	200µg/kg	4 ou 5 sites de 10 x 10cm à J0, semaine 2, 4, 6 (8).	N.D	L. v. : 97 à 100% S6. D. b. : 0, 14 ou 85% selon l'étude à S6 ou S8.	3	Chick *et al*, 1993
	N.D	Inf. naturelle : 5 traités 5 non traités	200µg/kg	3 sites de 8 x 13cm à J-15,0, 2, 13, 27.	Groupes séparés.	S. c. : 100% à partir de J2.	1	Webb *et al*, 1991
	> 16 semaines	Inf. naturelle : 6 traités 6 non-traités	200µg/kg	6 sites de 5 x 20cm à J-2, 7, 14, 21, 28	Groupes séparés.	L. v. : 100 à partir de J7. D. b. : 0% au cours de l'étude.	1	Titchener *et al*, 1994
Moxidectine *pour on*								
BV : nématodes, hypoderme, gale, poux.	N.D	Inf. naturelle : 8 traités 11 non traités	500µg/kg	7 sites de 5 x 10cm à J-1, 14, 28, 42, 60	Groupes séparés.	100% à partir de S 2 sur L. v., S. c., H. e., D. b.	1	Campbell *et al*, 2001
	12 mois	Inf. naturelle : 6 traités 6 non traités	500µg/kg	6 sites de 5 x 20cm à J0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56.	Groupes séparés.	> 98,5% à partir de J7 sur D. d.	1	Polley *et al*, 1998
	12 mois	Inf. naturelle : 13 traités 10 non traités puis traités	500µg/kg	8 sites de 8 x 15 cm à J0, 14, 28, 42.	N.D	100% à partir de J14 sur D. b. De même pour L. v. mais pas de différence significative avec groupe contrôle.	1	Losson and Lonneux, 1995
	9 à 36 mois	Inf. naturelle : 10 traités 10 non traités	500µg/kg	4 ou 5 sites de 10 x 10cm à J0, S2, 4, 6 (8).	N.D	D. b. : 84 à 100% S6 ou S8. L. v. : 95 à 100% S6 ou S8.	3	Chick *et al*, 1993
Moxidectine sous forme de bolus à libération prolongée								
Non	N.D	Inf. naturelle : 15 traités 5 non traités	375 mg 750mg 1125mg	3 sites de 8 x 13cm à J0,	Groupes non séparés	S. c. : 100% à partir de S6, diminution à partir de S1 sauf S4 pour le	1	Webb *et al*, 1991

				semaines 1, 2, 4, 6, 10, 12, 14.		bolus avec 1125mg et S2 pour celui avec 375mg. D. b. : absence de différence significative avec groupe contrôle.		
Doramectine *pour on*								
BV : Nématodes, larve de diptères, poux, gale.	N.D	Inf. naturelle : 8 traités 11 non traités	500µg/kg	7 sites de 5 x 10cm à J-1, 14, 28, 42, 60	Groupes séparés.	100% à partir de S 2 sur L. v., S. c., H. e., D. b.	1	Campbell *et al*, 2001
	3 mois à âge adulte	Inf. naturelle : 100 traités 90 placebos 10 non traités	500µg/kg	J0, 7, 14, 21, 28 et 35.	Groupes séparés.	L. v., S. c., H. e., D. b. : > 98,9% dès J7. S. c. : 100% à partir de J14. H. e. et L. v. : 100% à partir de J21. D. b. : 100% à partir de J28.	10	Rooney *et al*, 1999
Doramectine injectable								
BV, PC : Nématodes, larve de diptères, poux, gale. OV : Nématodes, larve de diptères, gale.	9 à 12 mois.	Inf. naturelle : 40 traités 20 placebos	200µg/kg	8 sites de 5 x 15cm, à J0, 7, 14, 21, 28.	Groupes séparés.	H. e., L. v., S. c. : 100% à partir de J7.	4	Lloyd *et al*, 1995
	9 à 12 mois.	Inf. naturelle : 52 traités 34 placebos	200µg/kg	2 sites de 3 x 15cm à J0, 14, 28.	Groupes séparés.	L. v. : 100% à partie de J14.	1	Lloyd *et al*, 1995
	N.D	Inf. naturelle : 11 à 25 divisés en traités et placebos.	200µg/kg	Jusqu'à 8 sites, à J0, 7, 14, 28.	N.D	L. v., S. c., H. e. : 100% à partir de J7. D. b. : diminution dès J7, 82% à J28.	10	Webb *et al*, 1991
	5 à 72 mois.	Inf. naturelle : 209 traités 209 placebos	200µg/kg	J0 , 14, 28.	N.D	L. v., S. c., H. e. : 100% à partir de J14. D. b. : 33 à 99% selon les études, moyenne de 86% à partir de J14.	8	Phillips *et al*, 1996
Abamectine injectable								
Non	5 à 6 mois.	Inf. naturelle ou artificielle : 12 traités 12 non-traités	200µg/kg	6 sites de 5 x 5cm à J-1, 7, 14, 21, 8, 35, 42, 49, 56.	Groupes séparés.	L. v. et H. e. : 100% à partir de J7. D. b. : 0% au cours de l'étude.	2	Heinze-Mutz *et al*, 1993
	> 16 semaines	Inf. naturelle : 6 traités 6 non-traités	200µg/kg	6 sites de 5 x 20cm à J-2, 7, 14, 21, 28	Groupes séparés.	L. v. : 100 à partir de J7. D. b. : 97% à partir de J7.	1	Titchener *et al*, 1994

N.D : non-déterminé J : jour D.b. : *Damalinia bovis* L. v. : *Linognathus vituli* S. c. : *Solenopotes capillatus* H. e. : *Haematopinus eurysternus* Inf. : infection. BV : bovin OV : ovin PC : porcin

[1] : Existe-t-il une AMM en France pour cette molécule et cette voie d'administration, si oui, contre quoi et chez quelles espèces.

[2] : Placebo signifie qu'un produit sans principe actif a été appliqué par la même méthode que les animaux traités, tandis que les « non traités » sont des animaux qui n'ont rien reçus.

[3] : L'efficacité est calculée comme suit : (Nombre de poux chez individus non-traités ou placébos – nombre de poux chez individus traités) / Nombre de poux chez individus non-traités ou placébos

[4] : Nombre d'étude dont les résultats sont présentés dans l'article.

Tableau V : synthèse des différentes études concernant les lactones macrocycliques menées sur les poux des bovins.

Les études *in vivo* concernant l'utilisation des lactones macrocycliques contre les poux chez les bovins sont nombreuses. Les spécialités à base de cette famille sont également nombreuses. Dix-huit articles rapportent les résultats des différentes études sur le sujet, sur six molécules différentes (Ivermectine, Éprinomectine, Moxidectine, Doramectine, Abamectine). Les modes d'administration sont également variés : *pour on*, injectable, *per os*, en bolus.

Parmi les articles rapportant les résultats de l'Ivermectine, le *pour on*, l'injectable et le *per os* ont été évalués. L'Ivermectine *pour on* à la dose de 500µg/kg montre une efficacité excellente sur toutes les espèces de poux (Alva-Valdes *et al* (1986), Titchener *et al* (1994), Polley *et al* (1998) et Campbell *et al* (2001)).

L'Ivermectine *per os* (200 µg/kg) montre des résultats décevants sur les poux broyeurs (Schroder *et al* (1985) et Stevonson *et al* (2002)). L'Ivermectine par voie

injectable à la dose de 200µg/kg a d'excellents résultats sur les poux piqueurs et un peu moins sur les poux broyeurs. Parmi les trois formulations testées, c'est la forme *pour on* qui a donné les meilleurs résultats.

Il existe vingt-huit spécialités à base d'Ivermectine commercialisées en France dont l'AMM a une indication poux (Animec 10mg/mL®, Animec D®, Baymec 0,5%®, Bimectin 10mg/mL®, Bimectin D®, Cevamec®, Cevamec D®, Cevamectin D®, Divamectin 10mg/mL®, Divamectin *pour on*®, Endectine D®, Endectine *pour on*®, Ivertin®, Ivomec®, Ivomec D®, Ivomec *pour on*®, Magamectine®, Noromectin 1%®, Pouromec *pour on*®, Prevensa 5mg/mL®, Qualimec 10mg/mL®, Qualimec *pour on*®, Topimec 5mg/mL®, Vermax D®, Vetomectin 10mg/mL®, Virbamec D®, Virbamec *pour on*®, Virbamec solution injectable®). Parmi ces vingt-huit spécialités, vingt sont sous forme injectable et huit sont en *pour on*. La forme *per os* ne dispose pas d'AMM bovine mais en a eu ovine mais qui ne concerne pas les poux (vers ronds gastro-intestinaux, vers pulmonaires, oestrose). L'Ivermectine est interdite chez les vaches laitières dont le lait est destiné à la consommation humaine. Le temps d'attente viande et abats varie entre 16 et 66 jours. Les doses recommandées sont identiques à celles testées dans les différents articles de notre étude, à savoir 200 µg/kg en injectable et 500µg/kg en *pour on*.

Concernant l'Eprinomectine, uniquement des études concernant la forme *pour on* sont rapportées. Notre étude a parmi d'obtenir quatre articles rapportant les résultats de treize études. Des doses de 125 µg/kg à 750 µg/kg ont été testées, avec la majorité des études évaluant l'efficacité d'une dose de 500µg/kg. Aux doses égales ou supérieurs à 250µg/kg les résultats sont excellents sur toutes les espèces de poux. À 125µg/kg, l'efficacité n'est pas de 100% sur *L. vituli*.

Quatorze spécialités à base d'Éprinomectine sont disponibles en France, toutes sous forme *pour on* (Bimeprine 5mg/mL®, Bimepro 5mg/mL®, Elivec 5mg/mL®, Eprecis 5mg/mL®, Eprinectine 5mg/mL®, Eprinex multi 5mg/mL®, Eprinex *pour* on®, Eprinovet 5mg/mL®, Eprivalan 5mg/mL®, Eprizero 5mg/mL®, Neoprinil *pour on* 5mg/mL®, Robonex 5mg/mL®, Zeppripour 5mg/mL®) à l'exception de l'Eprecis 20mg/mL® qui est une forme injectable. L'ensemble des formules commercialisées le sont à la dose de 500µg/kg en *pour on* tandis que la forme injectable est indiquée à 200µg/kg. Le temps d'attente en lait est de 0 heure, tandis que pour la viande et les abats, il peut varier entre 10 et 63 jours.

Concernant la Moxidectine, la formulation injectable a été étudiée à des doses allant de 200 à 1000 µg/kg. Les résultats sont excellents pour les poux piqueurs mais ils sont totalement inexistants concernant les poux broyeurs. Il existe deux produits injectables à base de Moxidectine commercialisés en France (Cydectine 1%® et Cydectine 10% LA®) utilisés à des doses respectives de 200 et 1000µg/kg. Ces spécialités sont interdites chez les vaches laitières dont le lait est destiné à la consommation humaine. Le temps d'attente viande et abats est de 65 à 108 jours.

Les études sur la Moxidectine en *pour on* rapportent d'excellents résultats sur toutes les espèces de poux à la dose de 500 µg/kg. Deux spécialités disposent d'une AMM : Cydectine 0,5%® et Cydectine Triclamox 5mg/mL®, avec une recommandation d'utilisation à la dose de 500 µg/kg. Le temps d'attente viande et abats varie de 14 à 143 jours, et est de 6 jours en lait pour le premier tandis qu'il est interdit pour le second.

Les bolus de Moxidectine montrent une bonne efficacité sur les poux piqueurs mais une absence totale de résultat sur les poux broyeurs. Il n'existe aucune spécialité à base de Moxidectine sous forme de bolus qui dispose d'une AMM en France.

La Doramectine *pour on* a d'excellents résultats sur l'ensemble des espèces de poux à une dose de 500 µg/kg (Rooney *et al* (1999) et Campbell *et al* (2001). Elle dispose de trois AMM en France (Dectomax 5mg/mL ®, Taurador 5mg/mL®, Zearl *pour on*®) à la même dose que les études rapportées, avec un temps d'attente viande et abats de 35 jours. Les études concernant la Doramectine injectable (200µg/kg) montrent d'excellents résultats sur les poux piqueurs mais qui sont moyens à mauvais sur les poux broyeurs (Webb *et al* (1991), Lloyd *et al* (1995) et Phillips *et al* (1996)). Cette voie d'administration dispose de deux AMM (Dectomax 10mg/mL® et Zearl®) à la dose de 200µg/kg, avec un temps d'attente viande et abas de 70 jours. Toutes les formulations à base de Doramectine sont interdites chez les vaches laitières dont le lait est à destination humaine.

En ce qui concerne l'Abamectine injectable, deux articles relatent des résultats très différents. Une excellente efficacité sur les poux piqueurs, tandis que celle sur les poux broyeurs varie de 0 à 97%. Toutefois, nous avons vu sur les précédentes études de forme injectable qu'elle n'est jamais recommandée sur les poux broyeurs. Aucune AMM avec de l'Abamectine n'est disponible en France.

Le tableau VI permet de retrouver de manière synthétiques les résultats obtenus dans le cadre de l'utilisation des lactones macrocycliques contre les poux des ovins et des caprins.

AMM existante[1]	Animaux	Modalité d'infestation[2]	Doses et nombre de traitement	Protocole d'évaluation de l'efficacité.	Allotement	% d'efficacité[3]	Remarque	Source
Ivermectine injectable								
Non pour les CP, oui pour OV, BV, PC. Pas d'indication poux pour CP.	Caprins de 10-12 mois	Naturellement : 10 traités 10 non-traités	200µg/kg	6 sites de 10 x 10 cm à J0, 3, 7, 14, 21, 28, 42, 56.	Tous les animaux (dont les non traités) ensembles.	Damalinia caprae : 100% jusqu'à J21, >95,76% jusqu'à J56	Amélioration des paramètres hématologiques à partir de J21 Laine : N.D	Ajith et al, 2018
Ivermectine by jetting fluid								
Non	Ovins	Naturellement : 36 traités 36 non traités tondus 36 non traités non tondus	6,25L à 0,03mg/mL	12 sites de 12 x 10cm à J0, 7, 14, 28, 42, 56, 70, 84.	Chaque groupe séparé	100% à partir de J14 sur D. o.	Laine de 9 à 11 mois.	Rugg et al, 1995
	Ovins	Naturellement : 80 non traités 80 traités 80 traités pluie 1h 80 traités pluie 3h 80 traités pluie 6h	3,6 à 7L à 0,03mg/mL	20 sites de 10 cm	Enclos individuels	> 98% sur D. o. à partie de S1	Test sous conditions de pluie pendant 1 à 6h. Laine de 4 ou 7 mois.	Thompson et al, 1994

N.D : non-déterminé J : jour h : heure D.o. : *Damalinia ovis* Inf. : infection

[1] : Existe-t-il une AMM en France pour cette molécule et cette voie d'administration, si oui, contre quoi et chez quelles espèces.

[2] : Placebo signifie qu'un produit sans principe actif a été appliqué par la même méthode que les animaux traités, tandis que les « non traités » sont des animaux qui n'ont rien reçus.

[3] : L'efficacité est calculée comme suit : (Nombre de poux chez individus non-traités ou placébos – nombre de poux chez individus traités) / Nombre de poux chez individus non-traités ou placébos

Tableau VI : Synthèse des différentes études concernant les lactones macrocycliques menées sur les poux des ovins et caprins.

Les études concernant les lactones macrocycliques utilisées contre les poux chez les ovins et les caprins sont peu nombreuses. Au nombre de trois, une pour les caprins, deux pour les ovins, elles concernent seulement l'Ivermectine sous forme injectable ou par pulvérisation. Les deux formes ont une très bonne efficacité sur les poux broyeurs pourtant les lactones ne disposent pas d'AMM chez les ovins et les caprins, malgré le fait que les ovins disposent de plusieurs AMM pour d'autres indications.

L'ivermectine dispose de huit AMM chez les ovins en formulation injectable (Bimectin 10mg/mL®, Cevamec®, Divamectin 10mg/ mL®, Ivomec ovin®, Prevensa 5mg/ mL®, Qualimec 10mg/mL®, Vermax D®, Vetomectin 10mg/mL®) mais aucune avec une indication poux. Il faut être vigilant, parmi deux de ces RCP (Bimectin 10mg/mL® et Ivomec ovin®) nous pouvons lire dans les indications « Pou : *Melophagus ovinus* », mais il ne faut pas s'y tromper puisqu'il s'agit du « faux pou du mouton » et non des poux au sens strict dont nous parlons ici. Il existe également des antiparasitaires ovins à base d'Ivermectine en formulation buvable (Baymec®, Oramec®) mais qui ne disposent pas d'une indication poux non plus.

Les produits à base d'Éprinomectine (Eprecis 20mg/mL® et Eprinex multi 5mg/mL) ne disposent pas n'ont plus d'indication poux.

Parmi les six spécialités à base de Moxidectine autorisées chez les ovins, aucune n'a d'indication pou. Même constat pour les deux spécialités à base de Doramectine.

Actuellement, il n'existe aucune lactone macrocyclique ayant une indication pou chez les ovins.

Concernant les caprins, l'éprinomectine est la seule lactone disposant d'AMM mais sans indication poux. Ajith *et al (2018)* relate une très bonne efficacité de l'Ivermectine injectable. Toutefois, nous ne pouvons pas généraliser les résultats d'une unique étude. L'Ivermectine apparait tout de même comme une future molécule potentiellement utilisable chez les caprins dans la lutte contre les poux.

3.1.2 – Les autres molécules.

L'étude approfondie de ces deux familles, permet de voir que pour les ovins et les caprins, le choix est finalement limité aux pyréthrinoïdes puisqu'aucune lactone ne dispose d'une indication poux. Toutefois, les résistances aux pyréthrinoïdes se font de plus en plus importantes, particulièrement chez les ovins : il va falloir trouver de nouvelles stratégies de traitement. Pour le moment, les bovins sont moins touchés par les résistances, mais il faut utiliser les antiparasitaires de manière raisonnée avant de se retrouver dans des situations dramatiques comme c'est le cas chez les ovins. Cet enjeu est reconnu comme majeur et est le sujet de la visite sanitaire bovine 2020, montrant bien l'importance du sujet.

Nous allons alors nous intéresser à des traitements beaucoup moins connus et utilisés.

Deux études (Butler (1986a), et Butler (1986b)) ont étudié l'effet du closantel *per os* sur les poux de la tête des moutons, *L. ovillus*. Les deux études notent une bonne efficacité, avec une efficacité maximale à la dose de 15mg/kg (Butler, 1986a) avec une réduction de 95% du nombre d'individus infestés. Le closantel dispose déjà d'AMM chez les bovins et les caprins, comme principe actif unique (Flukiver®, Seponver®) ou en combinaison avec de l'ivermectine (Prevensa 5mg/mL®, Vermax D®). Toutefois, ils sont tous en format injectable sauf le Seponver® (forme buvable). La dose recommandée est de 10 mg/kg. D'après l'étude de Butler (1986b), cette dose permet

de réduire l'infestation par *L. ovillus.* Toutefois, le closantel est une substance persistante et toxique, et n'est pas une molécule d'avenir.

D'autres recherches visent à agir sur la physiologie des parasites. C'est le cas d'inhibiteur de croissance (Insect Growth Regulator) (Fourie *et al* (1994) et Campbell *et al* (2001)) ou encore de l'hormone juvénile de synthèse (Chamberlain and Hopkins (1971)). Malheureusement, ce ne sont pas des découvertes récentes, l'article de Chamberlain et Hopkins étant l'unique parlant de cette hormone et date de 1971. Les résultats des études indiquent une très mauvaise efficacité de ce produit. En ce qui concerne l'inhibiteur de croissance testé, le Diflubenzuron, l'efficacité est excellente sur les ovins et les caprins étudiés. Toutefois, des résistances commencent à apparaître en Australie depuis une dizaine d'années chez *Bovicola ovis* (poux broyeurs des ovins) (James *et al*, 2008 ; Levot and Sales, 2008).

D'autres études, uniques, ont étudié l'efficacité d'autres molécules, mais aucune ne dispose d'AMM : Spinosad (White *et al*, 2007), Chlofenapyr (Kaufman *et al, 2001*), Nifluridide (Boisvenue and Clymer, 1982).

Il n'existe aucune étude publiée sur le Phoxime. Cet organo-phosphoré, dispose pourtant d'une AMM poux (Sebacil®) et semble être très efficace sur le terrain.

Face aux nombreux problèmes de résistance et surtout aux problèmes environnementaux que les traitements antiparasitaires engendrent, certains auteurs ont essayé de se tourner vers des solutions plus naturelles. Face aux préoccupations grandissantes du consommateur en manière d'écologie il faudra probablement se tourner, dès demain, vers des produits plus verts.

C'est le cas du Neem Azal (extrait de bais de l'arbre éponyme) ou de l'huile essentielle d'arbre à thé, qui font partie des produits naturels que notre étude a fait ressortir, produits pour lesquels nous avons des études étudiants leur efficacité. James et Callander (2012) montrent que l'immersion de moutons tondus deux semaines auparavant dans des solutions d'huile d'arbre à thé à 1 et 2% a une efficacité de 100% à deux, six, douze et vingt semaines après traitement. Sur des moutons non tondus depuis six mois, l'aspersion de leur toison à haute pression avec les mêmes solutions à 1 ou 2% d'huile d'arbre à thé permet d'éliminer 94% des poux après deux semaines (par rapport à un groupe contrôle). De même les résultats sont bons pour le Neem azal (Habluetzel *et al,* 2006) avec une réduction de 71 à 84% du nombre de poux sur des chèvres traitées par cette huile essentielle (à des concentrations de 125 et 650 ppm). Oxylis® de Vetalis est un produit à base d'huiles essentielles, commercialisé à destination des bovins et des ovins afin de « maîtriser les parasites externes » dont les poux font partis. Il s'agit de phytothérapie, sans délais d'attente et autorisé chez les femelles laitières. Toutefois, notre étude n'a pas permis de trouver des études étudiant l'efficacité des huiles essentielles concernées que sont celles de citronnelle, et « une molécule de nature identique à celle de l'huile essentielle de géranium et de Palmarosa ».

D'autres moyens de lutte alternatifs ont été testés comme l'utilisation d'un champignon pour parasiter les poux. La mortalité des poux augmente proportionnellement à la concentration en champignon et donc au nombre de poux infestés. Les résultats *in vivo* montrent que sur une peau tondue, la dose de 10^8 conidies par millilitre provoque une infestation moyenne des poux de 73% (Briggs, Colwell, et

Wall 2006). Cette piste de lutte biologique pourrait être intéressante pour contrer les phénomènes de résistances et de risques environnementaux.

Pour conclure, il n'y a pas de molécule miracle dans le traitement contre les poux. Nous nous retrouvons face à différentes problématiques : de résistance, d'écologie… Il ne faut pas oublier que de fortes infestations se font à la faveur d'une mauvaise conduite d'élevage. Il faut donc également veiller, entre autres, à l'hygiène et à l'alimentation des animaux et ne pas se cantonner aux traitements médicamenteux. Il faut traiter de manière raisonnée et raisonnable. Les produits naturels pourraient apporter une solution d'avenir, répondant aux grands enjeux actuels.

3.2 – Les études de rémanence.

Un autre aspect important des molécules outre leur efficacité est leur rémanence. La rémanence, définie comme la « persistance partielle d'un phénomène après disparition de la cause », est dans le cadre de notre sujet, la durée pendant laquelle, après traitement, l'animal est protégé contre les ré-infestations. Il est essentiel de savoir si le produit que nous utilisons est rémanent ou non, car cela va dicter la fréquence d'utilisation du produit. La rémanence va donc directement jouer sur notre prescription. Les différentes études menées sur le sujet ont été regroupées dans le tableau VII.

Modalité d'infestation[1]	Dose	Protocole	Résultats	Source
Doramectine injectable				
4 traités 4 contrôles	200 µg/kg	Individus traités sur lesquels des poux sont disposés. À J14, 21, 28 et 35 après traitements : observation pendant 7 jours si les poux meurent ou restent vivants.	L. v. : Infestation d'un individu sur les 4 à J35.	Titchener and Purnell, 1996
18 traités 18 non-traités 20 animaux donneurs	200 µg/kg	Animaux sans poux traités ou non, mis avec des individus infestés. Contrôle hebdomadaire de la présence de poux pendant 13 semaines.	Étude 1 : L. v. : infestation retardée de 49 jours par rapport au groupe contrôle. Étude 2 : L. v. et S. c. : infestation retardée de 25,6 jours par rapport au groupe contrôle.	Villeneuve and Daigneault, 1997
30 traités 30 non traités 30 donneurs	200 µg/kg	Deux individus traités (ou contrôle) mis en contact avec un individus donneur pendant 14 jours, 21, 28 ou 35 jours après traitement. Examen pour présence de poux 7, 14 et 21 jours après introduction du donneur.	D. b. : pas de différence significative avec groupe contrôle	Clymer *et al*, 1998
Doramectine *pour on*				
12 traités 19 placebo	500 µg/kg	Animaux traités (ou placebo) sur lesquels des poux sont disposés à J35, 63, 91 ou 126 post-traitement. Dénombrement du nombre de poux 7 et 14j post transfert.	Efficacités respectives à J35, 63, 91, 126 : - D. b. : 100%, 100%, 99,5%, 100% - S. c. : 100%, 94,9%, 86,3%, 74,9%	Lloyd *et al*, 2001
10 traités 10 non-traités 73 donneurs	500 µg/kg	Tous les 14 jours, un nouvel animal donneur mis dans chaque enclos (contenant 2 individus, traités ou non). Dénombrement du nombre de poux toutes les semaines.	Infestation par L. v. retardée de 77 jours sur les animaux traités par rapport aux contrôles, et de 105 jours pour D. b. .	Skogerboe *et al*, 2000
Moxidectine injectable				
32 traités 32 contrôles	200 µg/kg	8 animaux traités (ou contrôles) mis avec 2 donneurs 14, 21, 28 ou 35 jours post-traitement, pendant 7 jours. Comptage du nombre de poux 7, 14, 21 et 28 jours après retrait des donneurs.	Préviens de la ré-infestation contre L. v. pendant 42 jours et contre D. b. pendant 35 jours.	Colwell, 2001
Moxidectine *pour on*				
32 traités 32 contrôles	500 µg/kg	8 animaux traités (ou contrôles) mis avec 2 donneurs 14, 21, 28 ou 35 jours post-traitement, pendant 7 jours. Comptage du nombre de poux 7, 14, 21 et 28 jours après retrait des donneurs.	Efficacité contre D. b. et L. v. pendant 42 jours.	Colwell, 2001

Ivermectine + Clorsulon injectable				
4 traités 4 contrôles	200 µg/kg d'ivermectine et 2 mg/kg de clorsulon	Individus traités sur lesquels des poux sont disposés J14, 21, 28 et 35 après traitements : observation pendant 7 jours si les poux meurent ou restent vivants.	L. v. : Infestation dés J21.	Titchener and Purnell, 1996
Ivermectine *pour on*				
30 traités 30 non traités 30 donneurs	500 µg/kg	Deux individus traités (ou contrôle) mis en contact avec un individus donneur pendant 14 jours, 21, 28 ou 35 jours après traitement. Examen pour présence de poux 7, 14 et 21 jours après introduction du donneur.	D. b. : efficacité totale dans la prévention d'infestation entre J21 et 35, J28 et 42, J35 et 49.	Clymer *et al*, 1998

[1] : Placebo signifie qu'un produit sans principe actif a été appliqué par la même méthode que les animaux traités, tandis que les « non traités » sont des animaux qui n'ont rien reçus.

J : jour D.b. : *Damalinia bovis* L.v. : *Linognathus vituli.* S.c. : *Solenopotes capillatus*

Tableau VII : Synthèse des différentes études étudiant la rémanence chez les bovins.

Les tests de rémanence des articles publiées ne concernent que les bovins et les lactones macrocycliques : Doramectine, Moxidectine, Ivermectine. Contrairement aux premiers tableaux sur les lactones macrocycliques (tableau V et VI), nous voulons ici savoir combien de temps le produit fait effet. Pour ce faire, soit des poux vont être transférés sur des individus après différentes durées post-traitement, soit ces animaux vont être mis en contact avec des animaux parasités après des temps variables.

Concernant la doramectine injectable, la rémanence peut varier de 25,6 à 49 jours sur les poux piqueurs (*L. vituli, H. eurysternus, S. capillatus*) selon les études (Villeneuve and Daigneault (1997) et Titchener and Purnell (1996)), mais ne montre aucun effet rémanent sur les broyeurs (Clymer *et al*, 1998). Parmi les deux spécialités injectables à base de Doramectine disposant d'une AMM (Zearl® et Dectomax 10mg/mL®) seul le Dectomax® indique une rémanence sur son RCP, sur *L. vituli*, pour une durée de 28 jours.

Pour la doramectine *pour on* les résultats varient (Skogerboe *et al* (2000) et Lloyd *et al* (2001)) mais une très longue rémanence sur *D. bovis* (de 105 à 126 jours) est observée, celle-ci étant légèrement inférieure pour *S. capillatus* (91 jours) et *L. vituli* (77 jours). Les produits sur le marché (Dectomax 10mg/mL *pour on*®, Taurador 5mg/mL®, Zearl *pour on*®) indiquent tous une rémanence sur les poux dans leur RCP : uniquement sur *L. vituli* pour le Dectomax®, de 28 jours, pour *L. vituli* (49 jours), *D. bovis* (42 jours) et *S. capillatus* (35 jours) pour les autres. Ces données sont très inférieures à celles trouvées dans la littérature (Skogerboe *et al* (2000) et Lloyd *et al* (2001)).

En ce qui concerne la moxidectine injectable une unique étude a été menée, qui indique une rémanence sur *L. vituli* et sur *D. bovis*. Parmi les deux spécialités disponibles (Cydectine 1%® et Cydectine 10% LA®) seule la formulation longue action indique une activité rémanente sur les poux, indiquant une efficacité sur *L. vituli* pendant 133 jours. Cette durée est très supérieure à celle trouvée par Colwell (2001), mais les doses ne sont pas les mêmes : Colwell (2001) est à 200 µg/kg tandis que la Cydectine 10% est utilisée à 1mg/kg, soit à une dose cinq fois supérieure.

Colwell (2001) a trouvé une activité rémanente à la moxidectine *pour on*, tandis que les deux spécialités concernées (Cydectine 0,5%® et Cydectine triclamox 5mg/mL®) ne précisent pas le potentiel effet rémanent sur les poux dans leur RCP.

En ce qui concerne l'association ivermectine – clorsulon en injectable, Titchener and Purnell (1996) n'ont pas réussi à démontrer une activité rémanente du produit.

D'autre part, Clymer *et al* (1998), ont montré que l'ivermectine *pour on* a une rémanence jusqu'à 49 jours sur *D. bovis*. Aucune des huit spécialités *pour on* à base d'Ivermectine n'indique disposer d'une activité rémanente contre une ou plusieurs espèces de poux sur leur RCP.

Le souci de toutes ces études vient du fait de leur nombre très limité, voire unique pour chaque principe actif et forme d'utilisation. Il est impossible de généraliser les résultats obtenus.

3.3 – Les études de résistances.

Depuis plusieurs décennies, de plus en plus d'échecs aux traitements des poux chez les ruminants sont observés sur le terrain. En effet, à partir de 1986, un nombre croissant d'échecs aux traitements *pour on* et aux pyréthrinoïdes ont été observés. Un échec de traitement peut s'expliquer par une mauvaise utilisation du produit ou par des résistances aux molécules utilisées.

Des études ont donc été menées sur le terrain afin d'être certain de la bonne utilisation des produits. Ainsi, si dans un cadre scientifique, des échecs de traitements sont observés, nous pouvons être sûr avec une grande probabilité de la cause de ceux-ci : l'apparition de résistances.

Johnson *et al* (1992), ont pris des ovins issus d'élevage qui ont indiqués être face à des échecs de traitement. Ils ont alors réalisé eux-mêmes les traitements dans de bonnes conditions, en respectant scrupuleusement les indications des fabricants. Ils ne sont pas parvenus à éliminer les poux de sept des treize troupeaux étudiés. Ainsi, il semble très probable que l'échec de traitement ne peut être attribué à une mauvaise utilisation mais bien à des résistances. Les traitements ont permis de réduire le nombre de poux, mais n'ont pas réussi à éradiquer les poux dans 53% des cas, chez les individus ayant déjà été traités avec des antiparasitaires de la même famille. Au contraire, les individus provenant d'élevage n'ayant jamais été traités, ont vu leur population de poux éradiquée. Ils n'ont pas confirmé leurs résultats par une étude *in vitro* des poux qu'ils ont qualifiés de résistants.

Morcombe et Young (1993), ont remarqué que suite à un traitement *pour on* (Cyperméthrine, Deltaméthrine, Alphaméthrine) 41,5% des élevages avaient toujours des poux ainsi que 44,6% des élevages traités via des douches d'antiparasitaires. Ces chiffres sont vraiment élevés.

De même, Keys *et al* (1993), reportent deux cas de terrain avec échec de traitement prouvé, où des traitements ont été effectués par les scientifiques afin de s'assurer des méthodes d'utilisation.

Toutes ces études ont permis de vérifier que les échecs de traitements n'étaient pas seulement dû à des problèmes de mise en œuvre des traitements. L'apparition de résistances concerne essentiellement les traitements *pour on*, en raison de la disparité de distribution du produit : les poux situés aux extrémités de l'animal (loin du site d'application) vont se retrouver avec des doses trop faibles d'antiparasitaires, ce qui favorise l'apparition de résistance. Pour étudier ces résistances, des études *in vitro* ont été menées en parallèle.

Elles sont nombreuses et suivent presque toutes une méthode commune, celle des premiers scientifiques (Levot and Hugues, 1990) à avoir étudié les résistances chez les poux. Cette méthode sera qualifiée de « standard » dans le tableau VIII qui suit. Elle consiste à comparer la survie des poux à différentes concentrations d'antiparasitaires, en comparant des échantillons de poux provenant d'individu

n'ayant jamais été traités et des échantillons de poux d'individus venant d'élevage où des échecs de traitement ont été constatés. Un millilitre de la solution que nous voulons étudier, à différentes concentrations, est appliqué sur des carrés de cotons de 6 cm de côté. Dix poux adultes, dont nous voulons étudier la sensibilité, sont collectés par aspiration sur des ovins, et sont disposés sur ces carrés de coton. Ces poux sont limités dans leur déplacement par un anneau en acier inoxydable disposé sur le carré de coton. Sauf mention contraire dans le tableau VIII, ces poux sont mis en incubation à 34°C, avec 80% d'humidité relative et pendant 16 heures. Ensuite, grâce à une loupe grossissante x 10, les poux sont classés comme vivant, mourant ou mort (ces deux dernières catégories étant regroupées ensembles). Les facteurs de résistance sont ensuite tous calculés de la même manière :

FR = facteur de résistance = concentration létale de l'échantillon étudié / concentration létale d'un échantillon sensible.

Le facteur de résistance d'une population sensible est donc égal à un. Plus une population sera résistante, plus il faudra augmenter la concentration du produit pour tuer les individus, plus le facteur de résistance sera grand. Par exemple, si pour tuer une population de poux résistants, il faut mettre dix fois la dose utilisée pour tuer des poux sensibles, on aura un facteur de résistance (FR) égal à dix.

Toutefois deux des études présentées dans le tableau VIII ne respectent pas ce protocole car elles concernent un type particulier de molécule : les Insects Growth Regulator (régulateur de croissance des insectes), qui, en agissant sur l'éclosion et la mue des poux, ne seraient pas impacté par le protocole classique. Le protocole sera alors explicité dans le tableau.

Dans toutes les études, les espèces de poux testées ont été uniquement des poux broyeurs : *Damalinia sp.*, *D. ovis* chez les ovins et *D. bovis* chez les bovins.

Molécule testée	Année	Espèce	Pays	Protocole	Temps[2]	Résultats	Source
Cyperméthrine	1990	Ovins	Australie	Standard	16h	FR : 1,9 à 19,2	Levot and Hughes
Cyperméthrine	1992	Ovins	Australie	Standard	16h : vivants ou non	FR : 98 à 642	Levot
Cyperméthrine	1993	Ovins	Australie	Standard	Au bout de 20h observation si vivant ou non	FR : 6,1 à 98	James *et al*
Cyperméthrine, deltaméthrine, cyhalothrine, alpha cyperméthrine	1993	Ovins	Australie	Standard	Taux de mortalité	Cyperméthrine : FR de 684 Deltaméthrine : FR de 798 Cyhalothrine : FR de 82 Alpha-cyperméthrine : FR de 917	Martin
Cyperméthrine, deltaméthrine, cyhalothrine, alpha cyperméthrine	1995	Ovins	Australie	Standard	16h	Cyperméthrine : 41 individus inférieur à 10 de FR 5 entre 10 et 30. Un à 408, un à 746. Deltaméthrine : 30 individus à inférieur à 5 de FR, 12 entre 5 et 10, 2 entre 10 et 15 Un à 507, un à 10103 Cyhalothrine : 27 individus inférieur à 5 de FR 13 entre 5 et 10, 3 entre 10 et 21 Un à 107, un à 190 Alpha cyperméthrine : 20 individus inférieur à 5 de FR, 11 entre 5 et 10, 5 entre 10 et 31 Un à 465, un à 723	Levot *et al*
Cyperméthrine	1997	Ovins	N-Z	Standard	16 à 18h	FR maximum de 12,4	Wilson *et al*
Diflubenzuron et triflumuron (IGR)	2008	Ovins	Australie	Nourritures et laine traités, puis mis dans des flacons. Puis 10 nymphes ajoutées par flacon, 4 flacons par concentration, incubation 36,5° 68% humidité. Jour 9 : poux retirés et comptage du nombre de poux vivants, d'adulte et d'exuvies. [1]	9 jours puis 13 jours	FR : 67 à 94	James *et al*
Diflubenzuron (IGR)	2008	Ovins	Australie	Femelles aspergées du traitement, mis dans des flacons de polystyrène avec des mâles et de la nourriture, 36° >70% d'humidité pendant >19j pour permettre l'éclosion si œufs viables. [1]	19 jours	0,0015 à 0,2 µg/femelle : pas de différences significatives avec placebo pour certains échantillons de poux.	Levot and Sales
Deltaméthrine	2015	Bovins	UK	Standard	Taux de mortalité à 15 min, 1h, 2h, 3h, 4h, 24h	0,01% à 0,5%, pas de différence significative avec placebo. FR : Dose de 10 000 fois la recommandation : non létale.	Sands *et al*

[1]: Pas le même protocole, car la molécule marche en perturbant la mue et en inhibant l'éclosion des œufs.
[2] : temps d'exposition au traitement avant d'être examiné et classé « vivant ou moribond ».

h : heure j : jour IGR : Insect Growth Regulator N-Z : Nouvelle-Zélande UK : United Kingdom FR : facteur de résistance

Tableau VIII : synthèse des différentes études menées *in vitro* sur les résistances des poux chez les ruminants (en ce qui concerne *D. bovis* et *D. ovis* uniquement).

Dès 1990, des études concernant la résistance des poux à la cyperméthrine sont effectuées, trouvant un facteur de résistance maximal de 784. Les facteurs de résistance ne sont pas toujours aussi élevés, mais, dans chaque article, des résistances ont été rencontrées. En effet, en dix-sept ans, six études étudiant la cyperméthrine ont été publiées (cf. tableau VIII) et toutes arrivent à la même conclusion : de nombreux échantillons testés présentent des facteurs de résistance supérieures à un. Ces résistances ne peuvent pas être niées, et elles se basent sur des études scientifiques et non sur de simples observations de terrain.

Deux études parmi celles-ci (Martin (1993) et Levot *et al* (1995)) ont également étudié les résistances à la deltaméthrine, la cyhalothrine et l'alpha-cyperméthrine. Les résultats sont les mêmes avec des facteurs de résistance allant jusqu'à, dans l'ordre, 10 000, 190 et 912. Ces études ont uniquement été menées en Australie et Nouvelle-Zélande. Nous pouvons donc émettre l'hypothèse qu'il y a moins de soucis chez nous. Toutefois, il n'y a pas de raison que de mêmes phénomènes n'arrivent pas chez nous si l'utilisation des antiparasitaires n'est pas raisonnée et si nous commettons les mêmes erreurs que celles effectuées en Australie et Nouvelle-Zélande. D'ailleurs, il existe déjà une étude européenne. C'est l'unique étude sur les bovins dont nous disposons. En Angleterre, ont été trouvés des facteurs de résistance atteignant 10 000 pour la Deltaméthrine.

Même si les ovins en Australie et Nouvelle-Zélande semblent être plus touchés que nos régions, nos ovins et bovins ne sont pas à l'abris de l'apparition de résistances. Dans notre prescription, il faudra donc être particulièrement vigilant à ne pas favoriser cette apparition. Il s'agira de ne jamais sous-doser un produit antiparasitaire par exemple, et si possible de changer régulièrement de famille d'antiparasitaire. Il faut également privilégier les spécialités spécifiques au parasite visé, et favoriser les formes injectables lorsque cela est possible afin de pouvoir effectuer un traitement sélectif. Les résistances apparaissant surtout chez les ovins s'expliquent par le fait, entre autres, qu'il n'y a que très peu de possibilité de traitement hormis les pyréthrinoïdes chez cette espèce.

Un autre élément inquiétant est la publication en 2008 de deux nouveaux articles (James *et al* ; Levot and Sales) indiquant des résistances à des molécules autres que les pyréthrinoïdes : des inhibiteurs de croissance, avec des facteurs de résistance atteignant 94.

Dans le cadre des phtirioses chez les ruminants, les lactones macrocycliques semblent échapper au phénomène de résistance pour le moment, mais attention, car dans leur indication nématodicide, c'est un problème récurrent.

Il n'existe aucune étude sur la génétique et les mutations qui causent des résistances chez les poux des animaux. Toutefois, ces mutations ont été décrites chez le pou humain *Pediculus humanus*, que ce soit celles liées à des pyréthrinoïdes ou à des lactones macrocycliques.

En médecine humaine, les pyréthrinoïdes, et plus particulièrement la d-phénothrine et la perméthrine ont été largement utilisés depuis 1980. Le premier rapport de résistance à cette famille date de 1994. Du fait de nombreuses résistances, plusieurs molécules ne sont plus vendues en France. Pour rappel, les pyréthrinoïdes ont un effet neurotoxique, en agissant sur le maintien des canaux sodiques voltage-dépendant ouverts. Cela entraine une paralysie spastique, suivie de la mort du pou (Durand *et al*, 2012). Par un clonage PCR et une analyse complète de la séquence génétique du gène codant pour ces canaux sodiques (de poux sensibles et de poux

résistants), les mutations menant à des résistances ont été identifiées. En anglais, cette résistance est nommée « knockdown resistance » c'est-à-dire la résistance à la phase de paralysie spastique précédant la mort. Une réduction de la sensitivité neuronale est observée, et les poux sont moins sensibles à la présence de perméthrine. Cette modification de sensibilité est due à la présence de trois mutations : T929I, L932F et M815I. Ces trois mutations font parties d'un haplotype, c'est-à-dire qu'elles constituent un même bloc et sont transmis ensemble. De plus, cette résistance est croisée avec la résistance au DDT (désormais interdis en France). Cela signifie que des populations résistantes au DDT le sont également à la perméthrine. Cela explique pourquoi des poux ont été trouvés résistants à la perméthrine, malgré aucun antécédent de traitement à cette famille d'insecticide (Lee *et al,* 2000 ; Lee *et al*, 2003).

L'apparition de ces résistances a conduit à utiliser de nouvelles molécules. C'est le cas de l'ivermectine, une lactone macrocyclique, qui n'a été utilisée que plus récemment chez l'humain. Toutefois, des résistances ont été rapidement observées. La nature des mutations responsables des résistances à l'ivermectine a été étudiée. Après avoir récupérés des poux de tête (*Pediculus humanus capitis*) issus d'enfants toujours infestés après avoir reçu un traitement à base d'ivermectine, le génome de ces poux a été étudié et comparé à celui de poux sensibles. Les chercheurs ont amplifié, cloné et séquencé les gènes codant pour les canaux chlorure glutamate-dépendant, cible des lactones macrocycliques. Ils ont alors trouvé cinq mutations entrainant la transcription de cinq acides aminés différents. Les modifications engendrées sont les suivantes : une sérine en proline (S46P), une asparagine en aspartate (N143D), une thréonine en alanine (T236A), une alanine en valine (A251V) et une histidine en arginine (H272R). Toutefois, seulement trois mutations (S46P, A251V et H272R) ont été trouvées chez tous les individus résistants génotypés. Ces trois mutations semblent donc être celles responsables de la resistance de ces poux à l'ivermectine (Amanzougaghene - Mehalla *et al*, 2018a).

Des résistances à l'ivermectine ont également été observées chez le pou de corps humain (*Pediculus humanus humanus*), avec des mutations différentes que celles décrites précédemment. Dans le cas du pou du corps, suite au séquençage complet de l'ADN de poux résistants, l'analyse uniquement du gène codant pour la cible à l'ivermectine (canaux chlorures glutamate-dépendant) n'ont pas révélé de mutations non-silencieuse. Cependant l'analyse du protéome complet a identifié vingt-deux protéines différentes entre les poux sensibles et résistants. Parmi ces protéines, les complexines (une protéine neuronale qui joue un rôle dans la libération de neurotransmetteurs) étaient moins exprimées chez les individus résistants à l'ivermectine. En effet, dans le cas d'individus résistants, des codons stop prématurés ont été trouvé dans la séquence codant pour des complexines. Ces mutations non-sens étaient la cause de la moindre expression de ces complexines. La moindre expression de ces complexines a été considérée comme la cause des résistances retrouvées chez ces poux (Amanzougaghene - Mehalla *et al*, 2018b).

Il est probable que des mutations similaires soient en cause dans les résistances observées chez les ruminants. De même, il est probable que dans les années à venir nous nous retrouvons face à des soucis de résistance avec les lactones macrocycliques bien que nous en sommes épargnés pour le moment. En humaine, pour parer aux problèmes des résistances, des « étouffeurs » sont utilisés. Ce sont des produits à bases d'huile végétale ou minérale qui englobent le pou dans le but de le faire s'étouffer. Toutefois, cette solution parait compliquée voire impossible à mettre en place chez les ruminants, du fait de la quantité de produit que cela nécessiterait (il faudrait recouvrir le corps) et du risque de léchage (le produit doit poser).

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de déterminer si la répartition corporelle des différentes espèces de poux variait au cours du temps, et s'il existait des compétitions entre les différentes espèces de poux parasitant les bovins. Le très faible nombre de poux récoltés lors de notre étude nous a empêché de pouvoir répondre à nos questions. Toutefois, le questionnement scientifique étant toujours intéressant à nos yeux, nous ne pouvons qu'encourager la réitération d'une étude similaire. L'option proposée pour espérer obtenir plus de poux serait d'effectuer une première visite dans un plus grand nombre d'élevages afin de sélectionner des élevages à étudier où nous sommes certains de la présence de poux.

Ce travail a d'autre part permis l'élaboration d'une clef de diagnose des différentes espèces de poux présentes en France à savoir *Damalinia bovis*, *Haematopinus eurysternus*, *Solenopotes capillatus* et *Linognathus vituli*. Il a également mené à l'écriture d'un article de vulgarisation pour les vétérinaires sur les poux, leur identification et leur traitement. Enfin, une revue exhaustive des articles publiés sur les traitements contre les poux sur trois axes : leur efficacité, leur rémanence et leurs résistances, a été réalisée.

L'étude des articles portant sur les résistances, qui sont particulièrement importantes vis-à-vis des pyréthrinoïdes, nous font insister sur le fait que les nombreuses résistances auxquelles nous faisons face aujourd'hui ne vont pas diminuer si nous ne changeons pas nos pratiques. Nous devrons être particulièrement vigilant à cela et encourager les bonnes pratiques via notre prescription des antiparasitaires.

Bibliographie :

AJITH, Y., DIMRI, U., GOPALAKRISHNAN, A., DEVI, G. (2018). A field study on the efficacy of ivermectin via subcutaneous route against chewing lice (*Bovicola caprae*) infestation in naturally infested goats. *Onderstepoort Journal Veterinary Research* 86(1): 1635.

ALLEN, J.M., REED, D.L., PEROTTI, M.A., BRAIG, H.R. (2007). Evolutionary Relationships of « *Candidatus* Riesia spp. » endosymbiotic *Enterobacteriaceae* living withing Hematophagous Primate lice. *Applied and Environmental Microbiology* 73(5): 1659-1664.

ALLINGHAM, P.G. (1987). Phoresy Involving a Nymph of Haematopinus Eurysternus (nitzsch) and Haematobia Irritans Exigua De Meijere. *Australian Journal of Entomology* 26(3): 237-238.

ALVA-VALED, R., WALLACE, D.H., HOLSTE, J.E., EGERTON, J.R., COX, J.L., WOODEN, J.W., BARRICK, R.A. (1986). Efficacy of ivermectin in a topical formulation against induced gastrointestinal and pulmonary nematode infections, and naturally acquired grubs and lice in cattle. *American Journal of veterinary research* 47(11): 2389-2392.

AMANZOUGAGHENE, N., FENOLLAR, F., DIATTA, G., SOKHNA, C., RAOULT, D., MEDIANNIKIV, O. (2018a). Mutations in GluCl associated with ivermectin Field-Resistant Head lice from Senegal. *International Journal of Antimicrobial Agents* 52(5): 593-598.

AMANZOUGAGHENE, N., FENOLLAR, F., NAPPEZ, C., BEN-AMARA, A., DECLOQUEMENT, P., AZZA, S., BECHAH, Y., CHABIRÈRE, E., RAOULT, D., MEDIANNIKIV, O. (2018b). Complexin in ivermectin resistance in body lice. *PLOS Genetics* 14(8): e1007569.

BARTH, D., PRESTON, J.M. (1985). Efficacy of ivermectin against the sucking louse *Solenopotes capillatus*. *Veterinary record* 116(10): 267.

BOISVENUE, R.J., CLYMER, B.C. (1982). Systemic activity of nifluridide against sucking lice and the common scabies mite on cattle. *Veterinary Parasitology* 11(2-3): 253-260.

BOURGUIGNON, L., DEVOS, J., ZENNER, L. (2020). Phtirioses bovines : traitement et gestion des échecs. *Bulletin des GTV* n°97, 71-76.

Bowman, D.D. (2013). Georgi's parasitology for veterinarians 10th edition. *Saint-Louis: Elsevier Saunders*, 42-40.

BRIGGS, L.L., COLWELL, D.D., WALL, R. (2006). Control of the cattle louse Bovicola bovis with the fungal pathogen *Metarhizium anisopliae*. *Veterinary Parasitology* 142(3-4): 344-349.

BURNS, L.M., TITCHENER, R.N., HOLMES, P.H. (1992). Blood parameters and turnover data in calves infested with lice. *Research Veterinary Science* 52(1): 62-66.

BUTLER, A.R. (1986a). Effects of closantel on face lice (*Linognathus ovillus*) of sheep. *Australian Veterinary Journal* 63(3): 89-90.

BUTLER, A.R. (1986b). Observations on the control of ovine face lice (*Linognathus ovillus*) with closantel. *Australian Veterinary Journal* 63(11): 371-372.

CAMPBELL, J.B., BOXLER, D.J., DAVIS, R.L. (2001). Comparative efficacy of several insecticides for control of cattle lice. *Veterinary Parasitology* 96(2): 155-164.

CHALMERS, K., CHARLESTON, W.A.G. (1980a). Cattle lice in New Zealand: observations on the biology and ecology of Damalinia bovis and Linognathus vituli. *New Zealand Veterinary Journal* 28(10): 214-216.

CHALMERS, K., CHARLESTON, W.A.G. (1980b). Cattle lice in New Zealand: effects on host liveweight gain and haematocrit levels. *New Zealand veterinary journal* 28(11): 235-237.

CHAMBERLAIN, W.F., HOPKINS, D.E. (1971). The synthetic juvenile hormone for control of *Bovicola limbata* on Angora goats. *Journal of Economic Entomology* 64(5): 1198-1199.

CHICK, B., MCDONALD, D., COBB, R., KIERAN, P.J., WOOD, I. (1993). The efficacy of injectable and pour-on formulations of moxidectin against lice on cattle. *Australian Veterinary Journal* 70(6): 212-213.

CLEALE, R.M., LLOYD, J.E., SMITH, L.L., GRUBBS, M.A., GRUBBS, S.T., KUMAR, R., AMODIE, D.M. (2004). Persistent activity of moxidectin long-acting injectable formulations against natural and experimentally enhanced populations of lice infesting cattle. *Veterinary Parasitology* 120(3): 215-227.

CLYMER, B., NEWCOMB, K.M., RYAN, W.G., SOLL, M.D. (1998). Persistence of the activity of topical ivermectin against biting lice (*Bovicola bovis*). *Veterinary Record* 143(7): 193-195.

COLEBROOK, E., WALL, R. (2004). Ectoparasites of livestock in Europe and the Mediterranean region. *Veterinary Parasitology* 120(4): 251-274.

COLLINS, R.C., DEWHIRST, L.W. (1965). Some effects of the sucking louse, *Haematopinus eurysternus*, on cattle on unsupplemented range. *Journal of the American veterinary medecin association* 146: 129-132.

COLWELL, D.D. (2002). Persistent activity of moxidectin *pour-on* and injectable against sucking and biting louse infestations of cattle. *Veterinary Parasitology* 104(4): 319-326.

COLWELL, D.D. (2014). Life history parameters of the cattle long-nosed sucking louse, *Linognathus vituli*. *Medical and Veterinary Entomology* 28(4): 432-437.

COLWELL, D.D., HIMSL-RAYNER, C. (2002). *Linognathus vituli* (Anoplura: Linognathidae): population growth, dispersal and development of humoral immune responses in naïve calves following induced infestations. *Veterinary Parasitology* 108(3): 237-246.

COLWELL, D.D., CLYMER, B., BOOKER, C.W., GUICHON, P.T., JIM, G.K., SCHUNICHT, O.C., WILDMAN, B.K. (2001). Prevalence of sucking and chewing lice on cattle entering feedlots in southern Alberta. *Canadian Veterinary Journal* 42(4): 281-285.

CORTINAS, R., JONES, C.J. (2006). Ectoparasites of cattle and small ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 22(3): 673-693.

CRAUFURD-BENSON, H.J. (1941). The cattle lice of Great Britain Part I. Biology, with special reference to *Haematopinus eurysternus*. *Cambridge Core* 33(3): 331-342.

CUMMINS, L.J., GRAHAM, J.F. (1982). The Effect of Lice Infestation on the Growth of Hereford Calves. *Australian Veterinary Journal* 58(5): 194-196.

CUMMINS, L.J., TWEEDLE, N.E. (1977). The Influence of Light Infestations of *Linognathus Vituli* on the Growth of Young Cattle. *Australian Veterinary Journal* 53(12): 591-592.

CURTIS, R.J. (1985). Amitraz in the control of non-ixodide ectoparasites of livestock. *Veterinary Parasitology* 18(3): 251-264.

DEPLAZES, P., ECKERT, J., MATHIS, A., VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G., ZAHNER, H. (2015). Parasitology in Veterinary Medicine. *Wageningen: Wageningen Academic Publishers*. 653p.

DRUMMOND, R.O. (1987). The economic impact of parasitism in cattle, in Proc. MSD AGVET Symp., Leaning, W.H.D. and Guerrero, J., Eds., Veterinary Learning Systems, 111.

DURAND, R., BOUVRESSE, S., BERDJANE, Z., IZRI, A., CHOSIDOW, O., CLARK, J.M. (2012). Résistance aux insecticides du pou de tête : aspects cliniques, parasitologiques et génétiques. *Journal des anti-infectieux* 14(3): 136-142.

DURDEN, L.A., MUSSER, G.G. (1994). The sucking lice (Insecta, Anoplura) of the world: a taxonomic checklist with records of mammalian hosts and geographical distributions. Bulletin of the AMNH, no. 218.

ELY, D.G., HARVEY, T.L. (1969). Relation of ration to short-nosed cattle louse infestations. *Journal of economic entomology* 62(2): 341-344.

EMERSON, K.C., PRICE, R.D. (1985). Evolution of Mallophaga on mammals. In: Kim, K.C. (ed) Coevolution of Parasitic Arthropods and Mammals, 233-255. Krieger Publishing Company.

ENDRIS, R., AMOMDIE, D., REUTER, V., HAIR, J., MEYER, H., CAREY, D., CAMPBELL, J., SMITH, L., MEYER, J. (2002). Efficacy of a 1% lambdacyhalothrin cattle Pour-on (Saber) against sucking and biting lice infesting beef cattle. *Veterinary therapeutics* 3(4): 387-395.

FADOK, V.A. (1984). Parasitic skin diseases of large animals. *Veterinary clinics of North America: large animals practice* 6(1): 10-12.

FLOATE, K.D. (1998). Off-target effects of ivermectin on insects and on dung degradation in southern Alberta. *Bulletin of Entomological Research* 88(1): 25-35.

FOURIE, L.J., KOK, D.J., ALLAN, M.J., OBEREM, P.T. (1995). The efficacy of Diflubenzuron against the body louse (*Damalinia limbata*) of Angora goats. *Veterinary Parasitology* 59(3-4): 257-262.

GABAJ, M.M., BEESLEY, W.N., AWAN, M. A. Q. (1993). Lice of farm animals in Libya. *Medical and Veterinary Entomology* 7(2): 138-140.

GARG, S.K., KATOCH, R., BHUSHAN, C. (1998). Efficacy of flumethrin *pour on* against *Damalinia caprae* of goats (*Capra hircus*). *Tropical Animal Health and Production* 30(5): 273-278.

GIBNEY, V.J., CAMPBELL, J.B., BOXLER, D.J., CLANTON D.C., DEUTSCHER, G.H. *(*1985). Effects of various infestation levels of cattle lice (Mallophaga: Trichodectidae and Anoplura: Haematopinidae) on feed efficiency and weight gains of beef heifers. *Journal of Economic Entomology* 78(6): 1304-1307.

GRANT, A., BRIGGS, A.D. (1998). Toxicity of ivermectin to estuarine and marine invertebrates. *Marine Pollution Bulletin* 36(7): 540-541.

GRUBBS, M.A., LLOYD, J.E., KUMAR, R.A. (2007). Life Cycle Details of *Solenopotes capillatus* (Anoplura: Linognathidae). *Journal of Economic Entomology* 100(2): 619-621.

HABLUETZEL, A., CARNEVALI, F., LUCANTONI, L., GRANA, L., ATTILI, A.R., ARCHILEI, F., ANTONINI, M., VALBONESI, A., ABBADESSA, V., ESPOSITO, F., VAN DER ESCH, S.A. (2007). Impact of the botanical insecticide Neem Azal on survival and reproduction of the biting louse *Damalinia limbata* on angora goats. *Veterinary parasitology* 144(3-4): 328-337.

HALLEY, B.A., VANDENHEUVEL, W.J.A., WISLOCKI, P.G. (1993). Environmental effects of the usage of avermectins in livestock. *Veterinary Parasitology* 48(1-4): 109-125.

HEATH A.C.G., LAMPKIN, N., JOWETT, J.H. (1995). Evaluation of non-conventional treatments for control of the biting louse (*Bovicola ovis*) on sheep. *Medical and Veterinary Entomology* 9(4): 407-412.

HEATH, A.C.G., COLE, D.J.W., BISHOP, D.M. (1992a). Some currently available insecticides and their comparative efficacy on louse-infested, long-woolled sheep. *New Zealand Veterinary Journal* 40(3): 101-103.

HEATH, A.C.G., NOTTINGHAM, R.M., BISHOP, D.M., COLE, D.J.W. (1992b). An evaluation of two cypermethrin-based pour-on formulations on sheep infested with the biting louse, *Bovicola ovis*. *New Zealand Veterinary Journal* 40(3): 104-106.

HEINZE-MUTZ, E.M., BARTH, D., CRAMER, L.G., GROSS, S.J., VISSER, M. (1993). Efficacy of abamectin against ectoparasites of cattle. *Veterinary record* 132(18): 455-457.

HENDERSON, D., MCPHEE, I. (1983). Cypermethrin pour-on for control of the sheep body louse (*Damalinia ovis*). *The Veterinary Record* 113(12): 258-259.

HIMONAS, C.A., LIAKOS, V.D. (1989). Field trial of cypermethrin against lice infestations in goats. *Veterinary Record* 125(16): 420-421.

HOLDSWORTH, P.A., VERCRUYSSE, J., REHBEIN, S., PETER, R.J., LETONJA, T., GREEN, P. (2006). World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) guidelines for evaluating the efficacy of ectoparasiticides against biting lice, sucking lice and sheep keds on ruminants. *Veterinary Parasitology* 136(1): 45-54.

HOLSTE, J.E., SMITH, L.L., HAIR, J.A., LANCASTER, J.L., LLOYD, J.E., LANGHOLFF, W.K., BARRICK, R.A., EAGLESON, J.S. (1997). Eprinomectin: a novel avermectin for control of lice in all classes of cattle. *Veterinary Parasitology* 73(1-2): 153-161.

HORNOK, S., HOFMANN-LEHMANN, R., FERNÁNDEZ DE MERA, I.G., MELI, M.L., ELEK, V., HAJTÓS, I., RÉPÁSI, A., GÖNCZI, E., TÁNCZOS, B., FARKAS, R., LUTZ, H., DE LA FUENTE, J. (2010). Survey on blood-sucking lice (Phthiraptera: Anoplura) of ruminants and pigs with molecular detection of *Anaplasma* and *Rickettsia spp*. *Veterinary parasitology* 174(3-4): 355-358.

HUSSAIN, M.A., KHAN, M.N., IQBAL, Z., SAJID, M.S., ARSHAD, M. (2006). Bovine pediculosis: Prevalence and chemotherapeutic control in Pakistan. *Livestock Research for Rural Development* 18(10).

JAKOBCZYK, C. (2018). Thèse d'exercice vétérinaire (VetAgro Sup) : étude épidémiologique des phtirioses bovines en élevage laitier. Université Claude-Bernard-Lyon 1.

JAMES, P., CALLANDER, J.T. (2012). Dipping and jetting with tea tree (*Melaleuca alternifolia*) oil formulations control lice (*Bovicola ovis*) on sheep. *Veterinary Parasitology* 189(2-4): 338-343.

JAMES, P.J., CRAMP, A.P., HOOK, S.E. (2008). Resistance to insect growth regulator insecticides in populations of sheep lice as assessed by a moulting disruption assay. *Medical Veterinary Entomology* 22(4): 326-330.

JAMES, P.J., ERKERLENZ, P., MEADE, R.J. (1990). Evaluation of ear tags impregnated with cypermethrin for the control of sheep body lice (*Damalinia ovis*). *Australian Veterinary Journal* 67(4): 128-131.

JAMES, P.J., MEADE, R.J., POWELL, D. (1989). Effect of insecticidal ear tags on populations of lice (*Damalinia ovis*) infesting sheep. *Australian Veterinary Journal* 66(5): 134-137.

JAMES, P.J., SAUNDERS, P.E., COCKRUM, K.S., MUNRO, K.J. (1993). Resistance to synthetic pyrethroids in South Australian populations of sheep lice (*Bovicola ovis*). *Australian Veterinary Journal* 70(3): 105-108.

JOHNSON, P.W., BORAY, J.C., DAWSON, K.L. (1992). Resistance to synthetic pyrethroid *pour-on* insecticides in strains of the sheep body louse *Bovicola (Darnalinia) ovis. Australian Veterinary Journal* 69(9): 213-217.

KAKAR, M.N., KAKARSULEMANKHEL, J.K. (2008). Prevalence of endo (trematodes) and ecto-parasites in cows and buffaloes of Quetta, Pakistan. *Pakistan Veterinary Journal* 28(1): 34-36.

KAUFMAN, P.E., RUTZ, D.A., DOSCHER, M.E., ALBRIGHT, R. (2001). Efficacy of chlorfenapyr (AC 303630) experimental pour-on and CyLence formulations against naturally acquired louse infestations on cattle in New York. *Veterinary parasitology* 97(2): 123-129.

KETTLE, P.R. (1974). The influence of cattle lice (*Damalinia bovis* and *Linognathus vituli*) on weight gain in beef animals. *New Zealand Veterinary Journal* 22(1-2): 10-11.

KETTLE, P.R., PEARCE, D.M. (1974). *Pour-on* insecticides for the control of cattle lice (*Linognathus vituli* and *Damalinia bovis*). *New Zealand Veterinary Journal* 22(5): 76-77.

KEYS, R.G., TOOHEY, L.A., THILAKAN, T.A. (1993). Survival by sheep body lice (*Bovicola ovis*) after plunge dipping in synthetic pyrethroid lousicides. *Australian Veterinary Journal* 70(3): 117.

KUNZ, S.E., MURRELL, K.D., LAMBERT, G., JAMES, L.F., TERRILL, C.E. (1991). Estimated losses of livestock to pests. *CRC Handbook of pest management in agriculture* vol.1, 69-98.

LEE, S.H., YOON, K-S, WILLIAMSON, M.S., GOODSON, S.J., TAKANO-LEE, M., EDMAN, J.D., DEVONSHIRE, A.L., CLARK, J.M. (2000). Molecular analysis of kdr-like resistance in permethrin resistant strains of head lice *Pediculus* capitis. *Pesticide Biochemistry and physiology* 66(2): 130-143.

LEE, S.H., GAO, J-R., YOON, K.S., MUMCUOGLU, K.Y., TAPLIN, D., EDMAN, J.D., TAKANO-LEE, M., CLARK, J.M. (2003). Sodium channel mutations associated with knockdown resistance in the human head louse, *Pediculus capitis* (De geer). *Pesticide Biochemistry and physiology* 75(3): 79-91.

LEVOT, G., SALES, N. (2008). Resistance to benzoylphenyl urea insecticides in Australian populations of the sheep body louse. *Medical Veterinary Entomology* 22(4): 331-334.

LEVOT, G.W. (1992). High level resistance to cypermethrin in the sheep body louse. *Australian Veterinary Journal* 69(5): 120.

LEVOT, G.W., HUGHES, P.B. (1990). Laboratory studies on resistance to cypermethrin in *Damalinia ovis* (Schrank)(Phtiraptera : Trichodectidae). *Australian Journal of Entomology* 29(4): 257-259.

LEVOT, G.W., JOHNSON, P.W., HUGHES, P.B., POWIS, K.J., BORAY, J.C., DAWSON, K.L. (1995). Pyrethroid resistance in Australian field populations of the sheep body louse, *Bovicola (Damalinia) ovis. Medical Veterinary Entomolgy* 9(1): 59-65.

LLOYD, J.E., KUMAR, R., GRUBBS, M.A., WAGGONER, J.W., NORELIUS, E.E., SMITH, L.L., BRAKE, A.C., SKOGERBOE, T.L., SHOSTROM, V.K. (2001). Persistent efficacy of doramectin topical solution against induced infestations of Bovicola bovis and Solenopotes capillatus. *Veterinary Parasitology* 102(3): 235-241.

LLOYD, J.E., KUMAR, R., WAGGONER, J.W., PHILLIPS, F.E. (1996). Doramectin systemic activity against cattle grubs, *Hypoderma lineatum* and *H. bovis* (Diptera: Oestridae), and cattle lice, *Bovicola bovis* (Mallophaga: Trichodectidae), *Linognathus vituli* and *Solenopotes capillatus* (Anoplura: Linognathidae), *and Haematopinus eurysternus* (Anoplura: Haematopinidae), in Wyoming. *Veterinary Parasitology* 63(3-4): 307-317.

LOGAN, N.B., WEATHERLEY, A.J., PHILLIPS, F.E., WILKINS, C.P., SHANKS, D.J. (1993). Spectrum of activity of doramectin against cattle mites and lice. *Veterinary Parasitology* 49(1): 67-73.

LOSSON, B., LONNEUX, J.F. (1996). Field efficacy of moxidectin 0.5% pour-on against *Chorioptes bovis, Damalinia bovis, Linognathus vituli* and *Psoroptes ovis* in naturally infected cattle. *Veterinary Parasitology* 63(1-2): 119-130.

LUMARET, J.P., ERROUISSI, F. (2002). Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures. *Veterinary Research* 33(5): 547-562.

MARTIN, P.J. (1993). The development of high synthetic pyrethroid resistance in *Bovicola (Damalinia) ovis* and the implications for resistance management. *Australian Veterinary Journal* 70(6): 209-211.

MCCRACKEN, D.I. (1993). The potential for avermectins to affect wildlife. *Veterinary Parasitology* 48(1-4) 273-280.

MEGUINI, M.N., RIGHI, S., ZEROUAL, F., SAIDANI, K., BENAKHLA, A. (2018). Invotory of lice of mammals and farmyard chicken in North-eastern Algeria. *Veterinary World* 11(3): 386-396.

MILNES, A.S., GREEN, L.E. (1999). Prevalence of lice on dairy cattle in England and the bordering counties of Wales. *Veterinary Record* 145(13): 357-362.

MILNES, A.S., O'CALLAGHAN, C.J., GREEN, L.E. (2003). A longitudinal study of a natural lice infestation in growing cattle over two winter periods. *Veterinary Parasitology* 112(4): 307-323.

MORCOMBE, P.W., YOUNG, G.E. (1993). Persistence of the sheep body louse, *Bovicola ovis*, after treatment. *Australian Veterinary Journal* 70(4): 147-150.

MULLEN, G.R., DURDEN, L.A. (2019). Medical and Veterinary Entomology - 3rd Edition. *London: Academic Press Elsevier*, 79-106.

NAFSTAD, O., GRØNSTØL, H. (2001a). Eradication of Lice in Cattle. *Acta Veterinaria Scandinavica* 42(1): 81-89.

NAFSTAD, O., GRØNSTØL, H. (2001b). Variation in the Level of Grain Defect Light Flecks and Spots on Cattle Hides. *Veterinaria Scandinavica* 42(1): 91-98.

NASEEM, M., KAKARSULEMANKHEL, J.K. (2009). Prevalence of lice species on cows and buffaloes of Quetta, Pakistan. *Pakistan Veterinary Journal* 29(1): 49-50.

NELSON, W.A., SHEMANCHUK, J.A., HAUFE, W.O. (1970). Haematopinus eurysfernus: Blood of cattle infested with the short-nosed cattle louse. *Experimental Parasitology* 28(2): 263-271.

NICKEL, W.E. (1971). The economical importance of cattle lice in Australia : advances in systemic control by pour-on method. *Veterinary medicine review* 2/3, 392-404.

PATRIARCA, E. (2004). Des insectes retrouvent du goût pour la bonne bouse. Libération. https://www.liberation.fr/terre/2004/03/29/des-insectes-retrouvent-du-gout-pour-la-bonne-bouse_474177/ consulté le 19 mars 2021.

PHILLIPS, F.E., LOGAN, N.B., JONES, R.M. (1996). Field evaluation of doramectin for treatment of gastrointestinal nematode infections and louse infestations of cattle. *American Journal of veterinary research* 57(10): 1468-1471.

POLLEY, L.R., WAGNER, B.A., WARD, T.I., CAMPBELL, J.R. (1998). Effect of topical ivermectin and moxidectin for naturally acquired *Damalinia bovis* infestations in cattle treated under winter conditions in Canada. *Veterinary Record* 143(3): 80-81.

PRICE, M.A., GRAHAM, O.H. (1997). Chewing and Sucking Lice as Parasite of Mammals and Birds. United States Department of agriculture. Technical bulletin n°1849. 312p.
https://naldc-legacy.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=CAT10838407&content= PDF consulté le 19 mars 2021.

REHBEIN, S., PITT, S.R., ROSSI, L., POLLMEIER, M. (2005). Efficacy of eprinomectin against *Linognathus vituli* and *Bovicola bovis* on calves. *Veterinary record* 156(4): 112-113.

ROONEY, K.A., ILLYES, E.F., SUNDERLAND, S.J., SARASOLA, P., HENDRICKX, M.O., KELLER, D.S., MEINERT, T.R., LOGAN, N.B., WEATHERLEY, A.J., CONDER, G.A. (1999). Efficacy of a *pour-on* formulation of doramectin against lice, mites, and grubs of cattle. *American Journal of veterinary research* 60(4): 402-404.

ROTHWELL, J., HACKET, K., RIDLEY, I., MITCHELL, L., DONALDSON, C., LOWE, L. (1999). Therapeutic efficacy of zeta-cypermethrin pour-on for the treatment of biting

and sucking lice in cattle under field conditions. *Australian Veterinary Journal* 77(4): 255-258.

RUGG, D., THOMPSON, D.R., BOYLE, R., EAGLESON, J.S. (1995). Field efficacy of an ivermectin jetting fluid for control of the sheep body louse *Bovicola (Damalinia) ovis* in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal* 43(2): 48-49.

SANDS, B., ELLSE, L., MITCHELL, S., SARGISON, N.D., WALL, R. (2015). First report of deltamethrin tolerancein the cattle chewing louse *Bovicola bovis* in the UK. *Veterinary Record* 176(9): 231.

SCHARFF, D.K. (1962). An investigation of the cattle louse problem. *Journal of economic entomology* 55(5): 684-688.

SCHRÖDER, J., SWAN, G.E., SOLL, M.D., HOTSON, I.K. (1985). Efficacy of ivermectin against ectoparasites of cattle in South Africa. *Journal of the South African Veterinary Association* 56(1): 31-35.

SCOTT, D.W. (2018). Color Atlas of Farm Animal Dermatology. *Ames: Blackwell Publishing,* 252p.

SHEMANCHUK, J.A., HAUFE, W.O., THOMPSON, C.O.M. (1960). Anemia in Range Cattle Heavily Infested with the Short-Nosed Sucking Louse, *Haematopinus Eurysternus* (NITZ.) (Anoplura: Haematopinidae). *Canadian Journal of Comparative Medicine* 24(5): 158-161.

SHOOP, W.L., EGERTON, J.R., EARY, C.H., HAINES, H.W., MICHAEL, B.F., MROZIK, H., ESKOLA, P. FISHER, M.H., SLAYTON, L., OSTLIND, D.A., SKELLY, B.J., FULTON, R.K., BARTH, D., COSTA, S., GREGORY, L.M., CAMPBELL, W.C., SEWARD, R.L., TURNER, M.J. (1996). Eprinomectin: a novel avermectin for use as a topical endectocide for cattle. *International Journal of Parasitology* 26(11): 1237-1242.

SKOGERBOE, T.L., SMITH, L.L., KARLE, V.K., DEROZIER, C.L. (2000). The persistent efficacy of doramectin *pour-on* against biting and sucking louse infestations of cattle. *Veterinary Parasitology* 87(2-3): 183-192.

STEVONSON, C.R., MAHONEY, R.H., FISARA, P., STREHLAU, G., REICHEL, M.P. (2002). The efficacy of formulations of triclabendazole and ivermectin in combination against liver fluke (*Fasciola hepatica*) and gastro-intestinal nematodes in cattle and sheep and sucking lice species in cattle. *Australian Veterinary Journal* 80(11): 698-701.

STROMBERG, B.E., MOON, R.D. (2008). Parasite Control in Calves and Growing Heifers. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 24(1): 105-116.

THOMPSON, D.R., RUGG, D., SCOTT, P.G., CRAMER, L.G., BARRICK, R.A. (1994). Rainfall and breed effects on the efficacy of ivermectin jetting fluid for the prevention of fly strike and treatment of infestations of lice in long-wooled sheep. *Australian Veterinary Journal* 71(6): 161-164.

TITCHENER, R.N. (1985). The control of lice on domestic livestock. *Veterinary Parasitology* 18(3): 281-288.

TITCHENER, R.N., PARRY, J.M., GRIMSHAW, W.T. (1994). Efficacy of formulations of abamectin, ivermectin and moxidectin against sucking and biting lice of cattle. *Veterinary Record* 134(17): 452-453.

TITCHENER, R.N., PURNELL, R.E. (1996). Duration of persistence of injectable avermectins against sucking lice of cattle. *Veterinary Record* 139(14): 345-346.

TRIVEDI, M.C., RAWAT, B.S., SAXENA, A.K. (1990). The distribution of lice (pthiraptera) on poultry (*Gallus domesticus*). *International Journal of Parasitology* 21(2): 247-249.

VILLENEUVE, A. (2013). Les parasites des bovins fiches parasitaires. Laboratoire de parasitologie Faculté de médecine vétérinaire Saint-Hyacinthe. 20p. https://www.medvet.umontreal.ca/servicediagnostic/parasitologie/PDF/Parasites%20du%20bovin.pdf consulté le 19 mars 2021.

VILLENEUVE, A., DAIGNEAULT, J. (1997). Evaluation of the protective efficacy of doramectin against sucking lice of cattle. *Veterinary Parasitology* 72(1): 91-99.

WATSON, D.W., LLOYD, J.E., KUMAR, R. (1997). Density and distribution of cattle lice (Phthiraptera: *Haematopinidae, Linognathidae, Trichodectidae*) on six steers. Veterinary Parasitology 69(3-4): 283-296.

WEBB, J.D., BURG, J.G., KNAPP, F.W. (1991). Moxidectin evaluation against *Solenoptes capillatus* (Anoplura: Linognathidae), *Bovicola bovis* (Mallophaga: Trichodectidae), and *Musca autumnalis* (Diptera: Muscidae) on cattle. *Journal of Economic Entomology* 84(4): 1266-1269.

WHITE, W.H., HUTCHENS, D.E., JONES, C., FIRKINS, L.D., PAUL, A.J., SMITH, L.L., SNYDER, D.E. (2007). Therapeutic and persistent efficacy of spinosad applied as a *pour-on* or a topical spray against natural infestations of chewing and sucking lice on cattle. *Veterinary Parasitology* 143(3-4): 329-336.

WILKINSON, F.C. (1985). The eradication of *Damalinia ovis* by spraying insecticide onto the tip of the wool. *Australian Veterinary Journal* 62(1): 18-20.

WILSON, J.A., HEATH, A.C., QUILTER, S., MCKAY, C., LITCHFLIELD, D., NOTTINGHAM, R. (1997). A preliminary investigation into resistance to synthetic pyrethroids by the sheep biting louse (*Bovicola ovis*) in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal* 45(1): 8-10.

WOLSTENHOLME, A.J., KAPLAN, R.M. (2012). Resistance to macrocyclic lactones. *Current Pharmaceutical Biotechnology* 13(6): 873-887.

YERUHAM, I., HADANI, A., PERL, S., ELAD, D. (2001). Keratoconjunctivitis and Periorbital Papillomatosis Associated with Heavy Periorbital Infestation by the Tail Louse Haematopinus quadripertusus in Heifers. *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 48(2): 133-136.

ANNEXE :

LES POUX CHEZ LES BOVINS : ÉTUDE DE LEUR DYNAMIQUE EN ÉLEVAGE ET MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES MOLÉCULES UTILISÉES DANS LEUR CONTRÔLE.

Auteur

BOURGUIGNON Lisa

Résumé

Les phtirioses sont un problème présent dans le monde entier. Les poux, très spécifiques, infestent, entre autres, les bovins, les ovins et les caprins. Leur présence peut avoir des conséquences graves, mais impacte surtout le bien-être des animaux. Dans un premier temps, nous avons réalisé un travail bibliographique sur les espèces de poux des bovins : leur biologie, la manière de les identifier mais aussi leur répartition, à plusieurs échelles et leurs différents impacts. Tout en étant une nuisance bien documentée, il reste encore des zones d'ombre sur le comportement et la vie des poux. Notre travail a eu pour but d'avancer dans les connaissances sur les espèces de poux parasitant les bovins notamment en étudiant les interactions entre les espèces et leur dynamique de population au cours du temps. Malheureusement, du fait du faible nombre de poux récoltés dans les élevages lors de notre étude, nos expérimentations ont abouti à une absence de réponse à nos questions.

Enfin, les traitements antiparasitaires sont un élément important de notre prescription. Il n'a jamais été aussi important de réfléchir à celle-ci, à la vue des importants problèmes de résistance qui apparaissent dans le monde mais aussi fasse aux problèmes écologiques et environnementaux que cela peut causer. La bibliographie est importante à ce sujet, c'est pourquoi notre travail, dans un dernier temps, a eu pour but de synthétiser les résultats des différentes études menées sur le sujet.

Mots-clés

Anoploures, Mallophages, Bovins, Ovis, Insecticides, Résistances aux insecticides

Jury

Président du jury	:	**Pr**	**COCHAT Pierre**
Directeur de thèse	:	**Pr**	**ZENNER Lionel**
Assesseur	:	**Dr**	**BECKER Claire**

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

VetAgro Sup