

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE D'ALGER

المدرسة الوطنية العليا للبيطرة



THESE

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat Es Sciences

Filière : Sciences Vétérinaires

Option : Parasitologie

THEME

Modalités d'éradication de l'hypodermose bovine en Algérie

Présentée et soutenue publiquement le 17/10/2016 par M. SAIDANI Khelaf

Présidente : Pr. AISSI Mariem

Ecole nationale supérieure d'Alger

Directeur de thèse : Pr. BENAKHLA Ahmed

Département des sciences vétérinaires d'El-Tarf

Co-directrice de thèse : Pr. PANADERO-FONTÁN Rosario

Faculté vétérinaire de Lugo Galice Espagne

Examineur : Dr. OUCHEN Nassim

Institut des sciences vétérinaires de Blida

Examinatrice : Dr. GHALMI Farida

Ecole nationale supérieure d'Alger

Examinatrice : Dr. MEKROUD TITI Amal

Institut des sciences vétérinaires de Constantine

Année universitaire 2015/2016

Remerciements

Avant tout, je remercie le bon Dieu, le créateur, l'omniscient, le omniprésent, digne des meilleurs noms qu'il s'est attribué à lui-même. C'est à lui que je dois tout, le souffle de la vie et la lumière des yeux. Je n'oublie point son messenger Mohamed paix de Dieu sur lui, envoyé en signe de miséricorde.

A monsieur le professeur BENAKHLA AHMED, mon directeur de thèse de doctorat ès science. Qui m'a fait l'honneur d'accepter de diriger et de juger cette thèse. Je vous remercie pour toute l'attention que vous avez portée à mon travail et pour vos précieux conseils qui ont permis l'amélioration de ce travail. Trouvez dans ce travail tout mon respect et l'expression de ma profonde gratitude. J'associe votre illustre nom au manuscrit de ma thèse afin qu'il soit gravé à tout jamais dans la mémoire des générations présentes et à venir.

A madame Profesora Rosario PANADERO-FONTÁN, ma co-directrice de thèse espagnole. Je suis touché de l'honneur que vous me faites en acceptant de codiriger ce travail. A travers cette thèse, recevez toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude pour votre disponibilité et votre enseignement riche en informations lors de mes stages. Merci à toute l'équipe du laboratoire de parasitologie et maladies parasitaires du département de pathologie animale faculté vétérinaire de Lugo Espagne en commençant par le directeur le professeur Pablo DíEZ-BAÑOS, sans pour autant oublier Profesora María Patrocinio MORRONDO-PELAYO et Profesor Ceferino LÓPEZ-SÁNDEZ qui m'a enseigné les méthodes les plus modernes de la statistique inductive. Je serais ingrat si j'omettais Dr. Ana PEREZ CREO et Dr. Pablo DÍAZ-FERNÁNDEZ, Dr. Alberto PRIETO qui m'a appris la biologie moléculaire dans le laboratoire des maladies infectieuses.

A madame Professeur AISSI Mariem. Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce Jury. Pour vos conseils depuis 2001 alors que j'étais en 2^{ème} année de graduation jusqu'à présent, vos précieuses orientations scientifiques qui m'ont permis de finaliser cette thèse, veuillez trouver ici le témoignage le sincère de ma profonde reconnaissance.

A tous les membres de jurys de ma thèse. Recevez les meilleures marques de ma sincère gratitude :

Dr. OUCHEN Nassim Maître de conférences A de l'institut vétérinaire de Blida

Dr. GHALMI Farida Maitre de conférences A de l'Ecole Nationale Supérieure vétérinaire d'Alger.

Dr. MEKROUD TITI Amal Maitre de conférences A à l'institut vétérinaire de Lakhroub, université de Constantine :

Je vous suis si reconnaissant.

Je ne trouve pas assez de mots en mesure de remercier Dr. RIGHI Souad maitre de conférences à l'université de El-Tarf. Ce que vous avez fait pour moi ne sera jamais oublié même par-delà la tombe. J'ai beau chercher comment vous remercier autant vous le méritez, c'était en vain, alors je confie cela à Dieu seul capable de vous récompenser comme il se doit.

Je remercie Dr. IDRES Imad, l'inspecteur vétérinaire de la wilaya de Béjaia qui a fait tout ce qu'il a pu pour me faciliter à l'accès aux abattoirs, aux exploitations, à l'information vétérinaire de manière générale.

A Dr. LOUNIS Samir, docteur vétérinaire praticien dans la région de Makouda wilaya de Tizi Ouzou, mon ami depuis plus de dix ans qui tant m'a aidé,

A Dr. GRIB Hakim, docteur vétérinaire praticien dans la région de Taza wilaya de Tissemsilt.

A Dr. AKKOU Madjid maitre assistant à l'institut vétérinaire de Blida

A Dr. ZIAM Hocine maitre de conférences à l'institut vétérinaire de Blida

A Dr. KADDOUR Abdenour maitre assistant à l'institut vétérinaire de Blida

A Dr. BOUDJELLABA Soufiane maitre assistant à l'ENSV d'Alger

Je vous témoigne à tous mes meilleurs sentiments de sincère gratitude pour vos conseils et surtout votre soutien moral dans les moments difficiles.

Mes remerciements les plus vifs à l'adresse de mes amis de longue date :

Dr. ZEBBOUDJI Lyazid, psychiatre

Dr. SALMI Abdelouahab, chirurgien

Dr. BENHACINE Rabah, pédiatre

A Dr. MENDIL Hakim, endocrinologue

Dr. BENKHALAT Yacine, médecin légiste

Dr. LATRACHE Abdelhalim, BOUDJIT Amar, vétérinaires praticiens

Dr. YAHI Krimou vétérinaire au bureau d'hygiène d'Azzefoun.

A Dr. HAMIRIA Samir docteur vétérinaire de la subdivision agricole de Sidi Aich

A mon très cher ami REBOUH Hakim inspecteur des impôts

A mon très cher ami IABBASSEN Youcef enseignant en mécanique à Cherchell Tipaza

Dédicaces

Je dédie ce fruit de mes efforts
Aux êtres si chers que j'adore
A la mémoire de mon père et de mon frère
Reposant à présent sous des couches de terre
J'écris et des larmes s'écoulent de mes yeux
Comme au moment triste de l'ultime adieu
J'appelle et j'invoque le maître des cieux
Aie pitié d'eux, ils ont assez souffert
Déjà ici-bas, sur la face de la terre

Mon cœur, sur une terre lointaine, pleure encore
A vrai dire, depuis, mes yeux ne sont jamais séchés
Un vent violent nous arrache l'être qu'on adore
Emportant un frère, tout à coup, à tout jamais
En être si vulnérable, que puis-je contre la mort?
Où qu'on soit, le moment venu, elle vient nous visiter
Contre elle rien ne sert de forteresse ni de renfort
Je prierai pour toi jusqu'à la fin de mes jours
Jusqu'à ce que je décède
C'est tout ce que je possède
Dans nos cœurs tu resteras pour toujours

Le chagrin jaloux de me voir sourire
Me poursuit jusqu'au fond de mes songes
En complice avec les tristes souvenirs
Il s'acharne sur mon cœur, il me ronge
A-t-il trouvé en moi son abri?
Je réponds: "sans doute"
Tristement parfois je me dis
Quel compagnon de route!

Pensées éparées, écrit par Dr. SAIDANI Khelaf, le 04/04/2015 à 17H 49 heure
espagnole, Lugo Galice Espagne

Je dédie ce travail à ma chère épouse Fatma Zohra et notre fils Zakaria

A mes frères Lounis, Mahrez et Nadir, à mes sœurs Hayat, Saliha, Nadia et Hanifa

A ma chère mère qui a tant lutté pour nous faire vivre, un combat qui l'a usée à présent. Que Dieu allonge tes jours et guérisse au moins une partie de tes maux !

A toute ma belle-famille notamment BADACHE Ramdane.

A l'oncle de ma femme BADACHE Abdelkrim, un intellectuel si ouvert et instruit en dépit de son âge

LISTE DES ABREVIATIONS

Ac	Anticorps
ADN	Acide désoxyribonucléique
ARN	Acide ribonucléique
Ag	Antigène
Anova	Test d'analyse de variance, un test statistique pour comparer plusieurs moyennes
°C	Degré Celsius
C3	Fragment C 3 du complément
DA ou Da	Dinar algérien
ELISA	Enzyme Linked Immunosorbant Assay= test immuno-enzymatique
ET	Extrait total
HAP	Hémagglutination passive
HyA	Hypodermine A
HyB	Hypodermine A
HyC	Hypodermine C
<i>H. bovis</i>	<i>Hypoderma bovis</i>
<i>H. lineatum</i>	<i>Hypoderma lineatum</i>
IFI	Immuno-Fluorescence Indirecte
IFN-γ	Interféron gamma
IL	Interleukine
IM	Injection en intramusculaire
IV	Injection en intraveineux
H₂O₂	Peroxide d'hydrogène
iELISA	ELISA indirect
Ig	Immunoglobuline ou anticorps
IgG	Immunoglobuline G
IHA	Hémagglutination indirect (c'est l'abréviation en anglais)
kDa	Kilo dalton
Kg	kilogramme
Km²	Kilomètre carré (Square kilometer en anglais)
KOH	Hydroxyde de potassium ou potasse
L1	Larve du stade 1

L2	Larve du stade 2
L3	Larve du stade 3
ml	Millilitre
OD	Optical density (en anglais) densité optique
OIE	Office international des épizooties (organsiation mondiale de santé animale)
PCR	Polymerase Chain Reaction (Amplification en chaîne par la polymérase)
<i>P. silenus</i>	<i>Przhevalskiana silenus</i>
PT	PBS Tween 20 (PBS+ détergent)
PV	Poids vif
q RT-PCR	Quantitative real time PCR (PCR quantitative en temps réel)
RT-PCR	Real time Polymerase Chain Reaction (Amplification en chaîne par la polymérase) en temps réel
SC	Injection en sous-cutané
SNC	Système nerveux central
SPSS	Statistical Program for Social Sciences, c'est un logiciel statistique
Test t	Test statistique de Student de comparaison de deux moyennes
Th1	T helper cells 1
Th2	T helper cells 2
TNF α	Facteur de nécrose tumoral
UK	United Kingdom, c'est le royaume uni
μl	Symbole de microlitre, un millième du millilitre
χ^2	Chi-square test ou test chi-deux en français, test statistique pour comparer des proportions ou des pourcentages

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°	Titre	Page N°
Tableau 1	Dentition provisoire et permanente d'un Ruminant	54
Tableau 2	Age approximatif du bovin selon les dents permanentes	
Tableau 3	Distribution mensuelle relative des larves cutanées des 2 espèces du genre <i>Hypoderma</i>	72
Tableau 4	Evolution mensuelle de la prévalence et du nombre de varons	76
Tableau 5	Prévalence et intensité selon le système d'élevage dans les 5 exploitations bovines	80
Tableau 6	Prévalences de l'hypodermose bovine dans 4 wilayat d'étude	80
Tableau 7	Prévalence de l'hypodermose bovine dans les 4 wilayat d'étude	83
Tableau 8	Résultats de la régression logistique	84
Tableau 9	Intensité d'infestation et résultats de l'analyse par l'ANOVA multifactorielle	85
Tableau 10	Détails de calcul de l'impact économique	87
Tableau 11	Séroprévalence et intensité d'infestation par <i>Hypoderma</i> spp. Chez les bovins du nord centre Algérien	88
Tableau 12	Dernière étape de la régression logistique pratiquée sur les résultats de l'ELISA	89
Tableau 13	Dernière étape de la régression logistique pratiquée sur les résultats de l'examen clinique	90
Tableau 14	Comparaison des deux méthodes de diagnostic de l'hypodermose bovine, clinique et ELISA indirect	93
Tableau 15	Évolution annuelle de la prévalence du varron	95
Tableau 16	Évolution annuelle et mensuelle du nombre moyen de varrons	96

LISTE DES FIGURES ET GRAPHES

Figure N°	Titre	Page N°
Figure 1	Distribution mondiale de l'hypodermose bovine (D'après Morrondo, 2012).	2
Figure 2	Schéma du cycle biologique <i>H. lineatum</i> et <i>H. bovis</i> (D'après Díez-Baños et al., 1995).	14
Figure 3	Représentation schématique du test ELISA dans le diagnostic de l'hypodermose	29
Figure 4	Carte géographique modifiée montrant les wilayat d'échantillonnage	46
Figure 5	Identification morphologique des larves des deux espèces d' <i>Hypoderma</i>	57
Figure 6	Courbes de détermination de la valeur seuil du diagnostic ELISA indirect	62
Figure 7	Distribution mensuelle relative des 2 espèces du genre <i>Hypoderma</i> (année 2011-2012)	76
Figure 8	Cycle biologique des hypodermes au nord centre Algérien	78
Figure 9	Evolution mensuelle de la prévalence et de l'intensité d'infestation	79
Figure 10	Prévalences de l'hypodermose bovine dans 4 wilayat d'étude	82
Figure 11	Comparaison des 2 méthodes diagnostiques pour les 4 wilayat	93
Figure 12	Evolution annuelle de la prévalence d'infestation par <i>Hypoderma spp.</i>	96
Figure 13	Evolution de l'intensité d'infestation moyenne mensuelle pour les 3 années	97

LISTE DES PHOTOS

Photo N°	Titre	Page N°
Photo 1	Mouche adulte <i>Hypoderma lineatum</i> (Morrondo, 2012)	7
Photo 2	Mouche adulte <i>Hypoderma bovis</i> (Boulard, 1988)	7
Photo 3	Œufs de <i>H. bovis</i> (a) et <i>H. lineatum</i> (b) (Courtoisie de Merial)	8
Photo 4	Larves de 3 ^{ème} stade de <i>H. lineatum</i> (a). Plaques respiratoires (b) (Díez-Baños et al., 1995)	9
Photo 5	Pupe enfouie dans l'herbe (a, photo de Merial). Puparium ouvert (b). Mouche émergeant du puparium (Díez-Baños et al., 1995) puparium (c). (Patrocinio, 2012)	10
Photo 6	Mue imaginale, un adulte d' <i>Hypoderma</i> sp. Venant d'émerger d'une pupa (Boulard, 1988).	11
Photo 7	Lésions œsophagiennes (dans la sous-muqueuse à gauche, externes à droite, d'après, Díez-Baños et al., 1995)	24
Photo 8	Bovin laitier amélioré en système intensif, Tizi Ouzou (originale, 2015)	52
Photo 9	Elevage bovin en semi extensif (Original, 2015)	53
Photo 10	Comptage de nodules par examen visuel et palpation de la région dorsolombaire (originale 2014)	57
Photo 11	Plaque ELISA après Révélation, notons la coloration de même intensité pour des puits limitrophes (originale 2015)	60
Photo 12	Spectrophotomètre (Originale 2015)	61
Photo 13	Nodule sous-cutané sur le dos d'un bovin de race locale montrant le pertuis respiratoire (flèche) des larves L2 et L3 (Originale, 2012).	71
Photo 14	Examen de la face interne de la peau bovine, granulomes inflammatoires contenant des larves L2 et L3 d' <i>Hypoderma</i> spp. (Originale, 2012, abattoir de Bejaia)	73
Photo 15	Sortie de la larve du troisième stade (Originale, 2015)	73

Photo 16	Larves de deuxième stade ou varon blanc d' <i>Hypoderma bovis</i> , notons que les plaques stigmatiques (les 2 flèches) ne sont pas encore mélanisées (Originale, 2015).	74
Photo 17	Plaques stigmatiques d' <i>Hypoderma lineatum</i> larve L3 (Originale, 2015)	74
Photo 18	Larves du troisième stade naturellement émergées (Originale, 2015).	74
Photo 19	Epines du dernier segment (face ventrale) caractéristique de Larves <i>Hypoderma lineatum</i> (Originale, 2015)	75
Photo 20	Plaques stigmatiques d' <i>Hypoderma bovis</i> , larve L3 (Originale, 2015)	75
Photo 21	Deux nymphes photographiées 20 jours après l'éclosion des larves d' <i>H.bovis</i> (Originale, 2009).	77
Photo 22	Abcès sur le dos d'un bovin varonné (Originale, 2009).	86
Photo 23	Résultats étude sérologique, plaque ELISA dernière colonne non sensibilisée	91
Photo 24	Deux plaques ELISA (96 puits) avec plusieurs sérums positifs à l'hypodermose bovine (Originale, 2015)	92
Photo 25	Vache de race croisée varonnée, élevage semi-extensif, Tizi Ouzou en janvier 2015	97
Photo 26	Vache en système intensif, notons le pus s'écoulant des nodules et agglutinant les poils, Tizi Ouzou en février 2015	98

TABLE DES MATIERES

Remerciements	I
Dédicaces	III
Liste des abréviations	IV
Liste des tableaux	VI
Liste des figures et graphes	VII
Liste des photos	VIII
Table des matières	X
Introduction générale	1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Rappel bibliographique sur l'hypodermose bovine	4
1.1. Agent étiologique	5
1.1.1 Taxonomie	5
1.1.2 Morphologie des différents stades de développement	7
1.2. Cycle biologique	11
1.3. Facteurs influençant le développement des différents stades	15
1.3.1 Facteurs extrinsèques	15
1.3.2 Facteurs intrinsèques	17
1.4. Pathogénie	18
1.5. Manifestations cliniques	22
1.6. Lésions	23
1.7. Diagnostic	25
1.7.1. Diagnostic direct	25
1.7.2. Diagnostic indirect	26
1.8. Réponse immune à l'infestation hypodermique	34
1.8.1. Réponse innée	34
1.8.2. Réponse acquise	35
1.8.2.1 Immunité humorale	35
1.8.2.2 Immunité cellulaire.	35
1.9 Moyens de lutte	36
1.9.1 Méthodes de traitement de l'hypodermose bovine	36
1.9.2 Prophylaxie	42
PARTIE EXPERIMENTALE	
2. MATÉRIEL ET METHODES	45
2.1. Objectifs, région d'étude et échantillonnage	45
2.1.1. Objectifs	45
2.1.2. Région d'étude	45
2.1.2.1. Relief	47
2.1.2.2. Températures	47
2.1.2.3. Précipitations	48
2.1.3. Echantillonnage	49
2.2. Elevage bovins, races bovines et détermination de l'âge des bovins	50
2.3. Collecte des larves et leur identification	55
2.4. Technique de prélèvement sanguin et conservation des sérums	58

2.5. Protocole d'ELISA indirect	59
2.6. Analyse statistique	63
2.6.1. Tests de normalité	63
2.6.2. Les tests du χ^2	64
2.6.3. Test exact de Fischer	65
2.6.4. Analyse de variance	65
2.6.5. Régression linéaire et coefficients de corrélation	65
2.6.6. L'algorithme CHAID	67
2.6.7. La régression logistique	67
2.6.8. Les logiciels utilisés	68
2.6.9. Estimation de la prévalence et de l'intensité d'infestation par intervalles de confiance	69
3. RÉSULTATS	
3.1 Détermination de la chronobiologie et identification des espèces d'hypodermes en cause	70
3.2. Facteurs de risque associés à l'hypodermose bovine	79
3.3. Effet des conditions environnementales sur les hypodermes en Algérie	82
3.4. Aspects économiques de l'hypodermose bovine	86
3.5. Séroprévalence au nord centre d'Algérie	88
3.6. Comparaison des performances des différents diagnostics	93
3.7. Variations annuelles	95
4. DISCUSSION	
4.1. Chronobiologie et effet sur la période des traitements	99
4.2. Effet du climat	102
4.3. Facteurs de risque	105
4.4. Impact économique	107
4.5. Séroprévalence par ELISA indirect	109
4.6. Les différents diagnostics	112
4.7. Effet annuel	114
5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	
	116
6. BIBLIOGRAPHIE	
	119
7. ANNEXES	
	135
8. RÉSUMÉS	
	146

Introduction générale

Introduction générale

Parmi les infestations parasitaires, celles dues aux parasites externes ou ectoparasites constituent un problème vétérinaire majeur dans différentes régions du monde (Hourrigan, 1979). A son tour, l'hypodermose bovine est l'une des parasitoses externes les plus répandues dans l'hémisphère nord.

Elle est causée par deux espèces de mouches de la famille des Oestridae appartenant au genre *Hypoderma*, *H. bovis* et *H. lineatum*, qui infestent principalement le bétail mais aussi les chevaux et l'Homme sans pour autant pouvoir boucler leur cycle de vie, ce qui engendre peu d'effets sur la population des mouches *Hypoderma* (Sholl, 1993). Les mouches adultes ne sont pas directement nuisibles pour les bovins puisqu'elles ne piquent ni ne mordent ni ne causent aucun mal de façon directe ; elles déposent leurs œufs sur le bovin, les larves écloses pénètrent dans l'organisme bovin et se mettent à accomplir leur migration tissulaire. C'est pourquoi l'hypodermose bovine est classée d'après Hall et Wall (1995) comme étant une myiase interne affectant la productivité des bovins et leur bien-être non seulement en induisant des dommages à la peau et aux organes internes mais également en modulant leur système immunitaire (Saidani et al, 2016) tout en les exposant à d'autres maladies, parasitaires ou infectieuses. Cette myiase est rendue responsable de si substantielles pertes économiques à travers le monde (Tarry, 1986). Il a même été rapporté dans une revue scientifique indienne en l'occurrence « International Journal of Science, Environment and technology » que l'hypodermose bovine ou varron était responsable d'agitation, de démangeaison poussant le bovin à se gratter contre les murs et d'autres supports, de fièvre (Saini et Sankhala, 2015).

Ainsi, l'hypodermose bovine est une maladie cosmopolite connue dans le monde entier particulièrement dans les pays tempérés de l'hémisphère nord. Elle est fréquemment répandue en Algérie où elle a reçu plusieurs noms évocateurs entre autres : Tekkouk, qui désigne à la fois la maladie et la mouche adulte en activité ; Bouddoud et Bou'slah, pour nommer plutôt le nodule varonneux. El Naghef El baqari (الناغف البقري) est la dénomination de la maladie en arabe littéraire.

Cette myiase obligatoire est connue depuis les temps les plus reculés. En fait, il serait question en effet des œstres dans ce passage de la Bible où le prophète Moïse (paix de Dieu

Introduction générale

sur lui) parle de ces mouches qui sifflent et font du bruit, « which hiss and make noise », et qui causèrent de grandes terreurs dans toute l’Egypte (Clark, 1797).

De nombreuses descriptions sur ces agents de myiases figurent dans les écrits grecs et romains (Joly, 1846). mais ce n’est guère qu’au 18^{ème} siècle que l’on s’est préoccupé à savoir ce qu’ils sont et d’où ils viennent. La lutte contre l’hypodermose fut engagée dès la fin du 19^{ème} siècle, resta limitée à une extraction manuelle des varrons jusqu’au début du 20^{ème} siècle, sans affecter réellement la population parasitaire et donc la prévalence de la maladie. Le premier exemple de contrôle organisé et visant l’éradication de l’hypodermose bovine, a été réalisé il y’a plus d’un siècle (1889) dans plusieurs comtés danois sur l’initiative des éleveurs. Après avoir démontré qu’un assainissement était possible, ils incitèrent les pouvoirs publics à étendre leur action à tout le Danemark (Jespersen, 1995 ; Boulard, 2002).

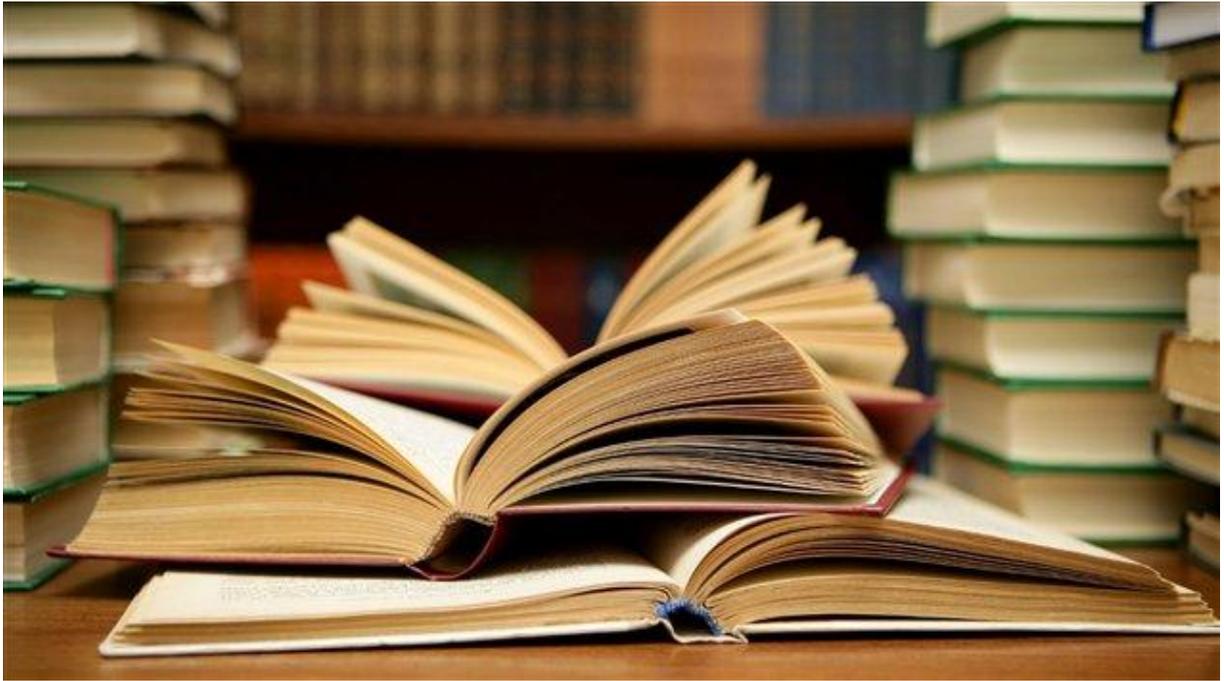
Depuis, la thérapeutique antihypoderme a fait de prodigieux progrès, et le contrôle de l’hypodermose bovine devient de nos jours chose facile. Une revue d’articles sur la question a permis à Scholl, en 1993, de se faire une idée sur le travail colossal entrepris dans le domaine de la lutte. Ainsi, sur 1400 références consultées, 30% ont été consacrées à des essais thérapeutiques et des programmes de contrôle. Mais ce qui retient le plus l’attention, c’est la constitution en 1992 en Europe du groupe COST action 811 composé de spécialistes, d’experts, de techniciens. Ce groupe a été un excellent exemple de coordination de la lutte contre l’hypodermose, et ce par comparaison des programmes et échanges d’expériences entre différents pays.

En dépit des pertes économiques considérables infligées à l’industrie du cuir, à la production laitière et la production de viande, cette myiase continue à être négligée par les éleveurs algériens qui la considèrent comme un état compatible avec un bon score corporel. En Algérie, seuls Benakhla et *al.* (de 1990 à 1999), durant plus d’une décennie de recherches, ont exploré plusieurs aspects de cette maladie parasitaire et son agent étiologique. Leurs investigations ont couvert plusieurs wilayat du nord est algérien d’El-Tarf à Jijel. C’est cet état de choses qui nous a incité à nous intéresser à ce parasite si fascinant en menant des études notamment dans les wilayat du Nord Centre Algérien, de novembre 2008 à décembre 2015. Les travaux ont fait l’objet de 4 publications scientifiques internationales.

Dans ce manuscrit, sommairement, on pourrait distinguer une partie de synthèse bibliographique portant sur l’agent causant, sa biologie et sa distribution, les manifestations cliniques, les lésions, le diagnostic, la réponse immune et enfin les moyens de lutte ; la deuxième partie dite expérimentale a abordé les huit (8) aspects suivants :

Introduction générale

- Détermination de la chronobiologie ;
- Identification des espèces d'hypodermes en cause ;
- Effet des conditions environnementales ;
- Les facteurs de risque associés à l'hypodermose bovine ;
- Aspects économiques de l'hypodermose bovine ;
- Séroprévalence au nord centre d'Algérie ;
- Comparaison des performances des différents diagnostics ;
- Etude des variations annuelles.



*Synthèse
bibliographique*

1. Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

L'hypodermose bovine ou maladie du varron est due à la présence et au développement, chez les bovins, de larves de diptères du genre *Hypoderma* (appelée communément hypoderme), on note deux espèces : *Hypoderma bovis* et *Hypoderma lineatum* qui sont des parasites obligatoires, cette infestation provoquée par des larves de diptères (myiase) se caractérise principalement par la formation de nodules apparaissant au printemps dans le tissu sous-cutané du dos des bovins. Les larves de cette myiase se développent et creusent leur trajet dans les muscles, le canal rachidien, le long de la moelle épinière et dans la paroi de l'œsophage.

L'hypodermose est désignée par plusieurs termes ou expressions :

- En France, on l'appelle maladie du varron ou simplement hypodermose ;
- Dans les pays anglo-saxons, les termes attribués à cette myiase sont : the cattle grubs, warble flies, heel-fly (pour *H. lineatum*) (Scholl, 1998);
- En Amérique, l'appellation est différente suivant l'espèce d'hypoderme à laquelle on a affaire, the common cattle grub désigne *Hypoderma lineatum* tandis que the northern cattle grub se rapporte à *Hypoderma bovis* (Scholl, 1998);

En Algérie, selon les régions plusieurs dénominations sont attribuées à la maladie et aux larves en se référant soit à l'activité de la mouche adulte ou aux nodules varroneux : Tekkouk (le nom le plus répandu en Kabylie) Tisktar ou Igourmanes (pour les larves selon la région de la Kabylie), Bouddoud et Bou'slah... En arabe littéraire El Naghef El baqari, cette affection est rangée parmi les myiases (Saidani, 2007).

L'hypodermose bovine est une myiase. Une myiase (grec « myia » = mouche) est une maladie parasitaire de l'homme ou de l'animal due au parasitisme de différents stades larvaires de diptères. Ces larves se nourrissent de tissu vivant ou mort de l'hôte, des liquides organiques de celui-ci ou de la nourriture ingérée par l'hôte. Suivant la localisation des larves, il existe des myiases des plaies, des myiases cutanées et sous-cutanées, des myiases naso-pharyngées, des myiases digestives, des myiases oculaires... Ces myiases peuvent être obligatoires quand les larves vivent exclusivement sur les tissus vivants et ne peuvent effectuer leur cycle autrement. Ces myiases sont semi-spécifiques lorsque les larves vivent normalement dans de la matière organique en décomposition, dans les déjections animales, mais peuvent dans certains cas envahir les plaies et les ulcérations des vertébrés vivants. Il existe aussi des myiases accidentelles avec introduction fortuite de larves dans l'organisme (Rodhain et Perez, 1985). Les myiases peuvent toucher les batraciens, les reptiles, les oiseaux

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

et les mammifères. Parmi les myiases obligatoires des mammifères, l'hypodermose bovine et l'œstrose ovine, en raison de leur importance économique, ont fait l'objet d'études approfondies et même de programmes d'éradication pour l'hypodermose bovine (Boulard, 1999).

L'hypodermose est présente dans la majorité des pays de l'hémisphère nord, du 25° au 60° de latitude nord. Elle est citée dans plus de 50 pays de l'hémisphère nord (Amérique du nord, Europe, Afrique et Asie) (Sholl, 1998). *H. bovis* est originaire d'Europe et *H. lineatum* d'Amérique du nord mais les deux espèces sont actuellement retrouvées en Amérique du nord (Sholl, 1998 ; Colwell, 2013), en Europe (Panadero et al., 2013, 2015 ; Cabanelas et al., 2015 ; Boulard et al., 2008), en Asie (Khan et al., 2006 ; Ahmed et al., 2013) s'étendant jusqu'à l'Est de la Turquie (Salkaya et al., 2010) et la partie orientale de la Chine (Yin et al., 2003), dans les pays du Maghreb (Sahibi et al., 1997 ; Jemli et al., 1997 ; Benakhla et al., 1999 ; Saidani et al., 2011, 2014, 2016_a, _b). Néanmoins, il apparaît que certains pays de l'hémisphère sud au climat tropical sont maintenant infestés. Ces infestations s'expliqueraient par l'importation de bovins parasités (Andrews, 1978).



Figure 1 : Distribution mondiale de l'hypodermose bovine (D'après Morrondo, 2012).

1.1. Agent étiologique

1.1.1. Taxonomie

L'hypodermose bovine est une myiase produite par des diptères de la famille des *Oestridae*, dont les larves exercent un fort impact sur la productivité et le bien-être des animaux infestés.

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

Des six espèces incluses traditionnellement dans le genre *Hypoderma* (Zumpt, 1965) seules deux parasitent de forme obligatoire les bovins, *Hypoderma bovis* (Linnaeus, 1758) et *Hypoderma lineatum* (de Villiers, 1789), dénommées respectivement “grande mouche et petite mouche” des bovins (Hall et Wall, 1995).

Récemment, et après d'intenses débats et discussion au sein de la communauté scientifique (Otranto et al., 2004, 2005; Otranto et Colwell, 2005), a été acceptée comme espèce valide, *Hypoderma sinense*, laquelle avait été considérée longtemps comme synonyme de *H. lineatum*. Nonobstant, la distribution de cette espèce est restreinte à la Chine où elle affecte préférentiellement les yacks et les bovins (Otranto et Colwell, 2005).

La mouche responsable de l'hypodermose bovine (Fostinelli, 2005) appartient à :

Règne : Animalia,

Embranchement : Arthropoda,

Sous embranchement : Mandibulata,

Super classe : Hexapoda,

Classe : Insecta,

Sous-classe : Ptérygota,

Ordre : Diptera,

Sous ordre : Brachycera,

Section : Cyclorapha,

Groupe : Œstroïdae,

Famille : Œstridae,

Sous-famille : Hypodermatinae,

Genre : *Hypoderma*,

Espèces : *Hypoderma bovis*, *Hypoderma lineatum* (Asla, 2012).

Les hypodermes sont des insectes appartenant à l'ordre des diptères et à la famille des œstridés. Les représentants de cette famille, les œstres, sont des mouches velues et trapues aux pièces buccales atrophiées et sont des agents de myiases obligatoires. Deux des cinq espèces d'hypodermes présentes en Europe sont responsables de l'hypodermose bovine : *Hypoderma bovis* et *Hypoderma lineatum* (Boulard et al., 1988).



Photo 1 : Mouche adulte *Hypoderma lineatum* (Morrondo, 2012)



Photo 2 : Mouche adulte *Hypoderma bovis* (Boulard, 1988)

1.1.2. Morphologie des différents stades de développement

Les mouches adultes de *Hypoderma* spp. possèdent un revêtement pileux abondant qui paraît strié sur l'abdomen formant trois anneaux de couleur; la tête est forte et plus large que la partie antérieure même du thorax, laquelle est sphérique ; les yeux sont séparés et bien développés; les pièces buccales sont non fonctionnelles, étant atrophiées (Zumpt, 1965). L'abdomen est plus étroit que le thorax; chez la femelle, le dernier segment est modifié en ovipositeur, qui sert à pondre les œufs sur les poils des bovins.

Les adultes sont très mobiles et doués de mouvements rapides ; en état de repos, la tête est plus haute, de sorte que sa posture par rapport au plan horizontal est typiquement inclinée avec les deux ailes déployées.

H. bovis, qui mesure de 12 à 16 mm de long, ressemble à un faux-bourdon, son corps est recouvert d'abondante pilosité sur la tête, le thorax et l'abdomen (Gil-Collado, 1961). Le premier segment abdominal est gris avec quelques poils blancs ou jaunâtres; le second est plus sombre alors que le troisième est jaune foncé; ses ailes sont grandes et de couleur grise, non transparentes (Zumpt, 1965). Les pattes sont lisses de rare pilosité.

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

H. lineatum est également appelée "mouche des sabots ou du feuillet", les mâles mesurent jusqu'à 12 mm, les femelles ne dépassent pas 13 mm. Les poils du thorax sont blanc-jaunâtres et sur l'abdomen se disposent en formant une bande jaune claire, qui alterne avec une autre plus foncée et finalement avec une orangée. Ses ailes sont transparentes et les pattes possèdent une abondante pilosité sombre et rugueuse.

Chez les deux espèces les œufs sont blancs, sans opercule et de forme allongée. Ils se fixent à la base du poil par un petit pédoncule flexible de substance gélatineuse avec laquelle ils adhèrent fermement en position oblique par rapport au poil (Cogley et *al.*, 1981). Les œufs de *H. bovis* mesurent 1 mm et se disposent individuellement sur les poils, alors que ceux de *H. lineatum* se situent sur le même poil en file de 5 à 15 œufs et sont légèrement plus petits.

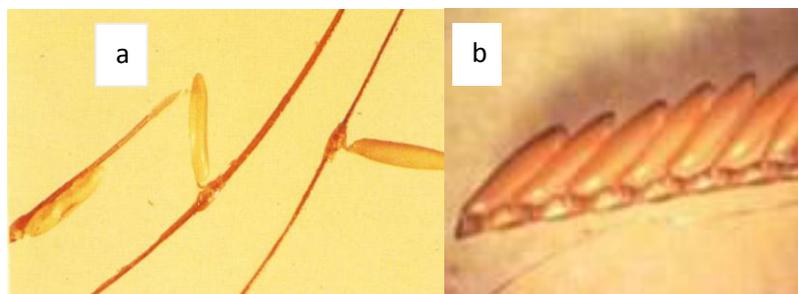


Photo 3 : Œufs de *H. bovis* (a) et *H. lineatum* (b) (Sholl, 1998)

Les larves venant de quitter l'œuf ou **larves L-1** sont plus minces, fusiformes avec les extrémités arrondies. Elles sont totalement transparentes, rendant bien visibles leurs organes internes; le tube digestif est constitué de l'œsophage ou intestin antérieur auquel s'unissent deux glandes salivaires; celui-ci se prolonge par l'intestin moyen rempli de liquide amorphe légèrement verdâtre qui dilate et donne turgescence à la larve; l'intestin moyen se trouve obstrué caudalement par une masse cellulaire qui le sépare de l'intestin postérieur (Boulard, 1969). Ces larves sont divisées en 11 segments presque égaux, avec des épines de différentes tailles qui se disposent en files irrégulières dirigées vers l'arrière, ce qui facilite leur déplacement au sein des tissus de l'hôte. La L-1 nouvellement sortie de l'œuf, mesure moins de 1 mm, après son séjour de repos (sous-muqueuse œsophagienne et canal rachidien, selon l'espèce), atteint 5 mm et en fin de sa migration dépassent 15 mm (Panadero et *al.*, 2007).

À son extrémité antérieure elle possède un "appareil buccal" ou squelette céphalique, composé d'un éperon médial et deux crochets latéraux dont la forme est différente selon l'espèce, ce qui permet leur identification. Les crochets buccaux de *H. lineatum* possèdent une extrémité antérieure effilée non divisée et avec une dent latérale courbée; par contre, ceux de *H. bovis* sont divisés à leur extrémité antérieure et n'ont pas de dent latérale (Weintraub et *al.*, 1968). À l'extrémité postérieure, les larves L-1 de *Hypoderma* spp. possèdent deux plaques

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

stigmatiques qui se composent de deux paires d'ouvertures stigmatiques, chaque paire étant entourée d'un anneau avec 3 épines (Colwell, 1989).

Les **larves L-2**, plus arrondies et plus amples en leur partie centrale, se resserrent aux deux extrémités, postérieure et antérieure. Elles atteignent 10-16 mm de long et 4-5 mm de diamètre; elles sont de couleur jaune-blanchâtre et sont douées de mouvements contractiles. Elles présentent des épines cuticulaires qui apparaissent mieux dans les phases plus jeunes. Leur appareil buccal est plus évolué et est dépourvu de crochets. Leur appareil respiratoire est bien adapté à la vie aérobie, avec des plaques stigmatiques postérieures de forme circulaire et avec plusieurs pores stigmatiques. Colwell (1989), grâce à la microscopie électronique, mit en évidence la présence de 29 à 40 ouvertures dans plaques respiratoires des larves L-2 de *H. bovis*, alors que celles de *H. lineatum* possèdent uniquement 18-25. Les **larves 3** sont plus grosses et en forme de tonnelet ; elles mesurent entre 2,5 et 3 cm de long et 1,4-1,7 cm de diamètre (Borchert, 1964); la face ventrale est convexe mais la face dorsale est légèrement plane ou concave. Leur corps est divisé en 11 segments, la majorité desquels portent en partie antérieure de la face ventrale une ligne de grosses épines, sombres dirigées vers l'arrière et en partie postérieure une bande de petites épines chitineuses dirigées cette fois-ci vers l'avant. La partie ventrale antérieure du dixième segment des larves L-3 de *H. bovis* n'ont pas d'épines, alors que chez *H. lineatum* s'observent bien (Lapage, 1968). Les épines sont moins développées en face dorsale (Zumpt, 1965). La couleur des larves L-3 dépend grandement du stade de développement; au départ elles sont gris jaunâtres, puis elles obscurcissent considérablement, ensuite elles deviennent marron foncé et même presque noires juste avant de quitter l'hôte.

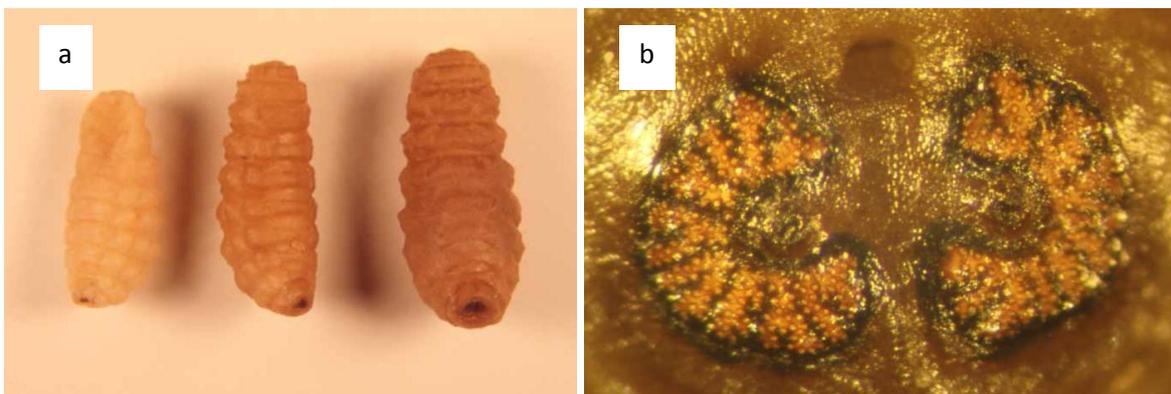


Photo 4 : Larves de 3^{ème} stade de *H. lineatum* (a). Plaques respiratoires (b) (Díez-Baños et al., 1995)

Les larves L-3 de *Hypoderma* spp., au même titre que les L-2, sont aérobies et respirent à travers leurs stigmates ou orifices respiratoires localisés au niveau des plaques respiratoires

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

du dernier segment. La forme de ces plaques ainsi que la disposition des orifices respiratoires diffère selon l'espèce. Chez *H. bovis* les plaques respiratoires sont rondes et se trouvent fortement incurvées en leur centre avec un canal de séparation long et étroit, chacune d'elles comprend 10 septes, qui possèdent jusqu'à une trentaine d'orifices respiratoires, entourés par un petit anneau, lequel porte normalement une épine. Chez *H. lineatum*, les plaques respiratoires sont plus planes, avec un canal de séparation plus ouvert et elles sont divisées en 7 septes, possédant chacun moins d'une trentaine d'orifices stigmatiques entourés par un anneau sans épine (Colwell, 1989). Pour la collecte des larves 2 et 3, il est totalement déconseillé de recourir à l'extraction ou délarvation manuelle, puisqu'il est possible qu'en pressant les nodules présents sur le dos se produise la rupture des larves et survienne par conséquent un choc anaphylactique. Bishopp *et al.* (1926) et Barrett (1981) placent un dispositif (un pot, une boîte, etc.) sur les nodules larvaires qui recueille la larve une fois que celle-ci quitte le bovin; Minar et Breev (1982) récoltent les larves matures de *Hypoderma* spp. en maintenant les bovins parasités sur une grille métallique. Scholl et Barrett (1986) conçurent une méthode rapide et efficace d'extractions qui consiste en l'injection de 1 ml de peroxyde d'hydrogène à 3% à travers l'orifice respiratoire. Ces larves collectées de la sorte, si elles sont extraites avec un degré de maturité optimal et qu'elles sont lavées immédiatement, survivent habituellement comme celles qui émergent d'elles-mêmes, naturellement. Les larves 3 qui tombent par terre restent immobiles, leur cuticule se durcit considérablement et forment les **pupes** ou **pupariums**. La couleur des pupes est pratiquement noire, elles sont aplanies en partie antérieure et ont un opercule bien visible par lequel sortira l'adulte en fin de pupaison (Zumpt, 1965). La pupa mesure de 2 à 2,8 cm pour 1,4-1,8 cm d'épaisseur, un peu moins pour celle de *H. lineatum*, et en elle se voient des protubérances, comme des épines, mieux que chez celle de *H. bovis*.



Photo 5: Pupa enfouie dans l'herbe (a, photo de Merial). Puparium ouvert (b). Mouche émergeant du puparium (Díez-Baños *et al.*, 1995) puparium (c). (Patrocínio, 2012)



Photo 6 : Mue imaginale, un adulte d'*Hypoderma* sp. Venant d'émerger d'une pupue (Boulard, 1988).

1.2. Cycle biologique

Les **adultes** de *Hypoderma* spp. complètent leur métamorphose en 2-5 semaines et émergent du puparium. Pour cela elles soulèvent grâce à la vésicule céphalique ou ptilinum. Cette sortie se produit à quelques heures du lever du soleil, probablement comme réponse à l'élévation de la température. Les adultes ont les pièces buccales atrophiées, par conséquent ils ne se nourrissent pas (Zumpt, 1965). Leur vie est très courte et dépend des réserves accumulées durant les stades larvaires, dont l'épuisement est dans une grande mesure fonction de la température; la majorité des auteurs (Pfadt, 1975; Boulard *et al.*, 1988 ; Benakhla *et al.*, 1993) signalent une longévité moyenne de 3 à 4 jours , rarement supérieure à 8 jours.

Les femelles de *Hypoderma* réalisent un vol court, circulaire, rapide et particulièrement bruyant, lequel effraie les bovins, provoquant de véritables terreurs.

Les Œstridés jouissent en général d'une bonne capacité de vol, étant capables d'atteindre une vitesse de 28,8-40 km/h (Nilssen et Anderson, 1995) et se déplacent dans un rayon de 5 km parfois jusqu'à 14 km; ne pénétrant pas dans les étables ni dans les endroits clos, ils attaquent toujours les bovins dans les espaces ouverts. En ce sens, Benakhla *et al.* (1993) en Algérie prouvent que les bovins maintenus en stabulation permanente sont peu ou pas parasités alors que ceux en pâturage portent un nombre moyen de varrons de 17,5.

L'accouplement se réalise peu après l'émergence de l'adulte et a lieu généralement sur le sol, bien que dans certaines occasions ait été observé en plein vol (Weintraub, 1961).

Selon Scholl et Weintraub (1988), les femelles de *Hypoderma* ont deux adaptations très particulières pour compenser leur courte vie. La première est que l'ovogenèse commence dès le stade L-3 et le stade pupue, la deuxième étant le développement simultané de deux ovocytes au sein du même ovaire, ce qui duplique la capacité reproductrice, de sorte qu'un seul couple

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

de mouches peut, en seulement deux ans, infester tous les individus d'un élevage de 100 bovins.

Une fois fécondée, la femelle peut déposer entre 500 et 1000 œufs, parvenant même à pondre jusqu'à 100 œufs sur un même animal. Le comportement de la ponte des Oestridae se caractérise par le fait que chaque mouche tend à pondre sur le maximum d'hôtes possible en vue de diminuer la compétition entre sa propre progéniture et augmenter les possibilités d'accomplir avec succès son cycle.

La femelle de *H. bovis* dépose ses œufs durant son vol, causant un grand désarroi par le son qu'elle émet, similaire à celui d'une abeille; la ponte se produit sur les membres postérieurs du bovin sur des endroits facilement accessibles à la mouche. Ne déposer qu'un œuf à la fois, multiplie le nombre de tentatives de ponte.

Par contre, *H. lineatum* à peine si elle dérange l'hôte durant l'oviposition car elle dépose à chaque fois une file de 6-15 œufs sur les poils des membres antérieurs, du fanon et du cou, causant ainsi moins de stress au bovin. À l'occasion, la mouche depuis le sol s'approche des animaux qui se trouvent couchés et dépose ses œufs. D'après Colwell et Berry (1993), les femelles de *H. bovis* possèdent plus de récepteurs chimiques et mécaniques que celles de *H. lineatum*, puisque le comportement de ponte nécessite une meilleure sensibilité pour localiser l'hôte.

À l'intérieur de l'œuf, l'embryon est immobile et éclot 3-4 jours après la ponte; la sortie se produit à travers d'une fissure qui s'ouvre dans la coquille par action directe de la larve. Quant au développement embryonnaire, Pruett et Kunz (1996) indiquent que les œufs de *H. lineatum* ne supporte pas l'exposition prolongée à de basses températures étant donné que la limite inférieure pour le développement embryonnaire est de 20°C. D'autre part, ces auteurs affirment que les conditions qui règnent au niveau de la peau sont propices au développement embryonnaire puisque la température ne descend pas au-dessous de 25°C.

Les larves L-1 nouvellement écloses descendent par le poil avec des mouvements ondulatoires vermiformes, guidées par des stimuli thermiques. Karter et *al.* (1992) démontrent que larves L-1 nouvellement écloses présentent un thermotactisme positif mais pas de phototactisme ni géotactisme.

Postérieurement, les larves pénètrent activement dans le tissu sous-cutané, profitant des dépressions qui entourent les follicules pileux; à cela contribue également le squelette céphalique, les enzymes protéolytiques ainsi que les épines chitineuse qui les couvrent. Nelson et Weintraub (1972) assurent que si les larves n'arrivent pas à pénétrer l'épiderme 15 minutes après l'éclosion, elles perdent leur vigueur, se déshydratent et meurent.

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

Les L-1 sont des endoparasites obligatoires qui se développent en anaérobiose, vu qu'elles migrent profondément à travers le tissu conjonctif de l'hôte. Chamberlain (1964) indiqua que les L-1 peuvent vivre longtemps sans oxygène ou bien avec des niveaux très bas de ce gaz mais rien ne prouve qu'elles ne puissent l'utiliser. La **migration** des larves 1 dans les tissus de l'hôte se produit grâce à des enzymes présentes dans leurs sécrétions (Boulard et al., 1988). Celles-ci, après avoir détruit les tissus, s'accumulent dans l'intestin moyen de ces larves. La migration intraorganique diffère selon l'espèce d'*Hypoderma*.

H. lineatum se déplace à travers le tissu conjonctif lâche intermusculaire de la partie antérieure du thorax et de l'abdomen, en suivant des lignes parallèles par rapport aux vaisseaux sanguins, sans pour autant entrer ni dans les vaisseaux ni dans les muscles, jusqu'à la sous muqueuse œsophagienne, préférentiellement dans son tiers caudal qui est son lieu de séjours ou de repos hivernal. Aussi, est-il fréquent de les retrouver dans d'autres localisations autres que la sous-muqueuse œsophagienne ; Khan (1971) et Panadero et al. (2007) signalent sa présence sous la séreuse qui recouvre extérieurement l'œsophage.

D'autres auteurs (Hadwen et Fulton, 1924 ; Wolfe, 1959) ont observé des larves 1 de *H. lineatum* dans le tissu conjonctif péritrachéal et péri-œsophagien, pleuro pariétal et péritonéal, péricardique, péritonéal viscéral du foie, du réseau et de l'intestin, diaphragmatique, au niveau des muscles intercostaux et tissu conjonctif péri rénal.

Durant la phase de repos œsophagien, les larves augmentent leur taille jusqu'à six fois, parvenant à atteindre 12 mm de long. Cox et al. (1970), Panadero et al. (2007) et Quintero et al. (2007) s'assurèrent que, aussi bien les larves situées dans la sous-muqueuse œsophagienne que celles observées sur la face externe de l'œsophage et de la trachée se trouvent orientées longitudinalement à ces organes.

Les larves de *H. bovis* réalisent une migration qualifiée par Ruíz (1982) de "organo-neurotrophe", où elles migrent lentement suivant les axes conjonctivo-nerveux, parallèlement aux nerfs sciatique et radial pour atteindre les plexus sacral, lombaire et brachial, mettant plus ou moins 4 mois à parcourir ce trajet. Le lieu de repos de *H. bovis* est la graisse épидurale du canal rachidien, spécialement la région thoracique et lombaire, entre la 8^{ème} vertèbre thoracique et la 6^{ème} vertèbre lombaire. Ces larves entrent et sortent du canal médullaire via les orifices intervertébraux (Beesley, 1962).

Après une période de repos au niveau œsophagien ou rachidien, selon l'espèce, les L-1 de *Hypoderma* reprennent leur migration vers le dos, lieu de 2 mues sous la peau. Une fois dans la région dorsolombaire les larves muent en L 2; pour cela elles inversent leur position et libèrent leur contenu enzymatique à travers l'intestin postérieur, ce qui provoque un orifice

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

dans la peau de l'hôte de 1-3 mm de diamètre, à travers lequel elles entrent en contact avec le milieu extérieur initiant ainsi une vie aérobie; ensuite se produit la mue en L-3.

Borchert (1964) indique que le temps moyen de séjours des larves dans les nodules varie selon l'espèce; pour *H. bovis* il est de 11 semaines (variant entre 8,5 et 14 semaines), alors que celles *H. lineatum* restent à ce niveau environ 7,5 semaines (oscillant entre 6 et 9 semaines).

Une fois les larves ont terminé leur développement, elles abandonnent les nodules à travers le pertuis de respiration, aidées par des mouvements de contraction musculaire de l'hôte et de la larve elle-même, elles tombent par terre et pénètrent dans le sol ou bien elles se cachent entre la végétation, où se préparer pour la pupaison. Bien que les larves des deux espèces soient toutes les deux lucifuges, celles de *H. lineatum* s'enterrent plus profondément que celles de *H. bovis*. Après l'endurcissement de la cuticule se produit une métamorphose complexe qui, en fonction des conditions climatiques, en 2 à 5 semaines, donnera naissance à une mouche adulte. La figure 2 schématise le cycle biologique des hypodermes.

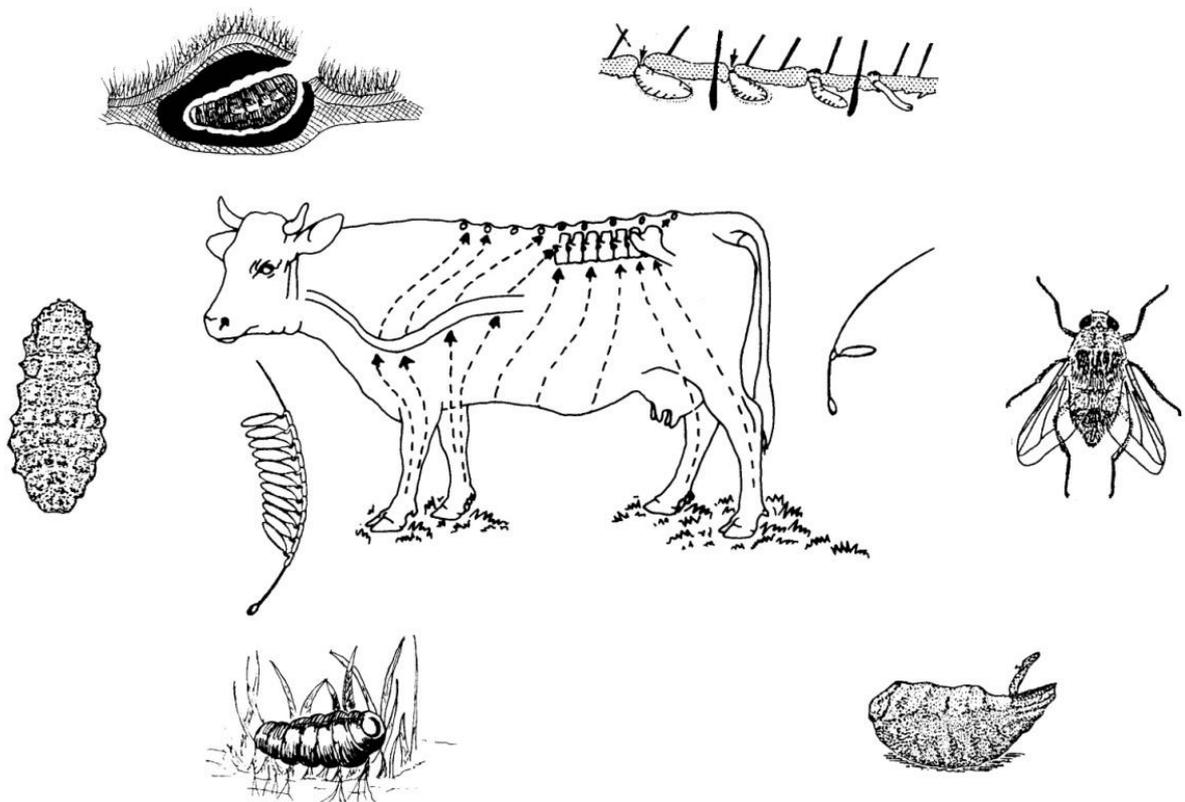


Figure 2 : Schéma du cycle biologique *H. lineatum* et *H. bovis* (D'après Díez-Baños et al., 1995).

L'apparente moindre incidence du varon chez les bovins laitiers est due au fait que ceux-ci sont maintenus en stabulation quasi-permanente. Il est bien établi que les hypodermes ne

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

pénètrent pas dans les bâtiments d'élevages. Il ne faut donc pas croire que les races laitières sont moins réceptives que ne le sont les autres. De toute évidence, ils ne sont atteints que les animaux qui étaient en pâturage durant l'activité des mouches adultes. La maladie sévit dès le début de la migration des larves L1 dans l'organisme. L'ampleur des symptômes dépendra de l'intensité de l'infestation. Ensuite, l'hypodermose est révélée par l'apparition des nodules varonneux sur le dos de l'animal. Ils sont dus à la présence des larves L2 puis L3 dans le tissu conjonctif sous-cutané ayant percé un trou pour la respiration.

1.3. Facteurs influençant le développement de *Hypoderma* sp.

Il y a des facteurs liés à l'animal, dits intrinsèques et d'autres au parasite et à l'environnement dits extrinsèques.

1.3.1. Facteurs extrinsèques

La biologie de *Hypoderma* spp., à l'instar d'autres insectes est conditionnée par les facteurs extrinsèques ou liés à l'environnement. Le climat influe directement sur les stades libres du parasite affectant à la fois la chronobiologie et l'intensité d'infestation, de telle sorte que la programmation des campagnes de lutte et d'éradication de l'hypodermose bovine doit s'appuyer sur la connaissance préalable des périodes où tiennent lieu les différentes phases du cycle et de la résultante des conditions climatiques enregistrées chaque année. Pour ce qui est de la chronobiologie divers auteurs (Tarry, 1980 ; Boulard *et al.*, 1988 ; Panadero *et al.*, 2000) ont signalé que les hautes températures, les journées ensoleillées et l'absence de vent favorisent le développement du cycle tandis que les vents forts, les jours nuageux et orageux s'opposent ou du moins retardent le cycle. La distribution des deux espèces diffère selon la région géographique, bien que ces deux espèces puissent coexister sur une même zone sans que leurs cycles respectifs soient complètement superposables dans le temps. Dans l'ensemble, le cycle dure 8-11 mois, dans les conditions normales il n'y a qu'une seule génération par an. Le cycle de *H. lineatum* est en avance par rapport à celui de *H. bovis* dans les régions tempérées (Pfadt, 1947; Tarry, 1981; Boulard *et al.*, 1988 ; Berkenkamp et Drummond, 1990). Cet écart pourrait être encore plus important sous des conditions climatiques extrêmes comme cela arrive à l'est des montagnes rocheuses de l'Amérique du nord (Scharff, 1950) ou dans les régions arides de l'Iraq (Abul-Hak, 1973). Saidani *et al.* (2011) observèrent le stade varron au niveau de l'abattoir communal de Béjaïa de début octobre à avril. Cependant, Panadero (1996) signale que la chronobiologie change dans la même zone géographique suivant les conditions climatiques qui prévalent. En effet, durant les

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

années où les conditions climatiques étaient favorables, le cycle d'*Hypoderma* sp. était en avance d'un à deux mois par rapport aux années où les conditions étaient adverses. Les adultes de *Hypoderma* spp. sont particulièrement vulnérables aux conditions adverses. Les mouches adultes sont actives durant les jours ensoleillés avec des températures proches de 18°C. La lumière du soleil intervient dans la réussite de l'oviposition, de sorte que si l'été est froid et humide, l'infestation par les hypodermes sera moindre le printemps suivant, chose due à une oviposition incomplète. Le contact avec l'hôte et la ponte sont meilleurs sous des conditions optimales (Beesley, 1966 et Tarry, 1980). Tarry (1980) trouva une corrélation positive entre l'incidence de l'hypodermose bovine et différentes conditions climatiques surtout la température ambiante de l'air durant l'été, les heures d'ensoleillement et la pluie. La pluie excessive est néfaste aux larves, pupes et adultes. Dans ce sens, Weintraub et al. (1961) étudièrent l'influence des températures élevées enregistrées à Texas sur la reproduction des adultes et la survie des pupes de *Hypoderma* spp., signalant que bien que les jours pluvieux et brumeux puissent empêcher l'accouplement des mouches *Hypoderma*, le facteur climatique limitant est les températures enregistrées par les après-midis, ce qui fait que la ponte se produit surtout le matin et les premières heures de l'après-midi. Yamov et al. (1990) considèrent que la température ambiante et la lumière sont les facteurs principaux qui déterminent l'activité de *Hypoderma diana*, espèce infestant les cervidés. Karter et al., (1992) tentèrent d'induire l'oviposition d'*Hypoderma tarandi* dont le comportement est similaire à celui de *Hypoderma bovis*, mais leurs efforts étaient infructueux, ce qui prouve que les femelles *Hypoderma* ne pondent que sous l'effet de la lumière naturelle. De même ils prouvèrent que dans les conditions de laboratoire les œufs d'*H. tarandi* évoluent sous des températures comprises entre 20 et 37° C et que leur développement est rapide quand ils sont incubés avec une humidité relative de 77%. D'après Pfadt (1975), la formation des pupes a lieu sous un ample intervalle de température 14-26°C pour *H. lineatum* et 14-25°C pour *H. bovis*, ce qui indique que cette dernière est moins tolérante aux hautes températures. Ceci pourrait conditionner la distribution des deux espèces. La période de pupaison d'*Hypoderma lineatum* est entre 11 jours à 26° et 35 jours à 16°C alors que celle d'*H. bovis* est entre 14 jours à 28°C et 47 jours à 16°C. Kettle (1990) se basant sur des résultats obtenus par d'autres auteurs signala qu'en zones de climat tempéré, comme au sud d'Angleterre, la sortie des larves ou prépupes de l'animal survient durant les premières heures du matin alors qu'en zones de climat plus froid, comme au Canada, la sortie se produit autour de midi. Une fois sur le sol, les prépupes peuvent survivre sous la neige, et après le durcissement de la cuticule, elles peuvent même survivre à -28°C. A 20°C, le développement d'*Hypoderma lineatum* est

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

indépendant de l'humidité alors que pour *H. bovis* le niveau d'humidité optimal est de 76%. Minar et Breev (1982) dans l'ex-Tchécoslovaquie observèrent que la grande partie des larves quittent l'hôte le matin et quand la température varie entre 15-20°C, la larve se transforme en pupes en 24-48 heures.

Weintraub *et al.* (1961) vérifièrent que les températures élevées enregistrées dans le sud des Etats Unis (Texas) provoquent la mort des pupes surtout celles de *H. lineatum*, ce qui coïncide avec l'observation de Tarry (1980), qui indique que les températures élevées avec une ambiance sèche provoquent la mortalité des larves L3 ou prépupes étant donné que celles-ci ne peuvent pas pénétrer le sol trop sec.

La sortie des mouches adultes de leurs pupariums a lieu sous un intervalle de températures encore plus étroit que concernant la pupaison, les mouches *Hypoderma lineatum* n'émergent pas si la température est inférieure à 14°C ou supérieure à 28-31°C, l'optimale étant 20° C . Pfadt *et al.* (1975) observèrent qu'à températures constantes de 20°C s'obtient 72% d'adultes alors que quand les températures alternent entre 15 et 25°C, 86% d'adultes sont obtenus. Scholl (1990) dans une synthèse sur les ennemis naturels des larves L-3 libres de *Hypoderma* spp., signala divers genres de bactéries, insectes, mollusques et oiseaux et rongeurs, Solopov (1988) observa que quand les larves tombent sur une surface humide en superficies de bois se produit une mortalité supérieure à 47,4% due à des infections fongiques. Il indiqua également que les fourmis rouges (*Formica rufa*) agissent comme des prédateurs redoutables. Postérieurement, Okunev (1990) signala que les larves actives de *Fannia* spp. sont grandes prédatrices des pupes de *H. bovis*.

1.3.2. Facteurs intrinsèques

En ce qui concerne l'incidence de l'hypodermose bovine, ont aussi une importance les facteurs intrinsèques ou liés à l'hôte, entre autres l'espèce, l'âge, la race et le sexe.

Quant à l'espèce, les bovins sont des hôtes spécifiques bien qu'occasionnellement d'autres espèces sont affectées comme les chevaux, les moutons et les ruminants sauvages, l'Homme est également atteint. L'atteinte humaine donne souvent lieu à une myiase au niveau de l'œil et on parle d'ophtalmo-myiase, affection parasitaire beaucoup plus répandue qu'elle ne paraît du fait d'un manque de diagnostic (Panadero et Colwell, 2015). En relation avec l'âge divers auteurs (Gingrich, 1980; Pruett et Barrett, 1984; Chauvin, 1987; Baron et Colwell, 1991; Benakhla *et al.*, 1993 ; Panadero *et al.*, 1994, 2000) affirment que les animaux plus âgés présentent des prévalences et des intensités plus basses probablement dues à l'acquisition d'une certaine protection comme conséquence de contacts préalables avec le parasite. D'autre

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

part Weintraub (1961) et Gingrich (1980) signalent que les bovins possèdent une résistance innée qui diminue avec l'âge, ce qui se traduit par une mortalité élevée des larves spécialement lors de leur pénétration de la peau de l'hôte. Pour ce qui est de l'âge, il faut préciser que c'est le nombre de contacts avec le parasite qui détermine l'état immunitaire de l'hôte. En ce sens, Benakhla *et al.*, (1993) trouvèrent une intensité plus élevée chez les bovins ayant déjà pâturé durant plusieurs périodes de pâturage.

L'influence de la race n'est pas suffisamment éclaircie. Cependant, en France Chauvin (1987) trouva la race charolaise plus intensément infestée par *Hypoderma*. De même, Navarrete *et al.* (1993) et Panadero *et al.* (1994) dans différentes zones d'Espagne signalèrent que la séroprévalence de l'hypodermose bovine est plus élevée chez les vaches frisonnes que celles des races croisées. De la même façon, Benakhla *et al.* (1993) trouvèrent plus de varrons chez la race Prim Holstein que la race Montbéliarde. Toutefois, des travaux ultérieurs de Panadero *et al.* (2000) mirent en évidence des séroprévalences plus élevées chez la race « Rubia Gallega= littéralement la blonde Galicienne », une race à viande, pourtant croisée, mais élevée traditionnellement sous un système extensif ou semi-extensif. Ceci indique que le système d'élevage joue un rôle-clé dans le niveau d'infestation.

Concernant le sexe, Folstad *et al.* (1989), chez des rennes parasités par *Hypoderma tarandi* observèrent que les femelles et les mâles castrés présentent des niveaux de parasitisme plus bas, ce qui serait dû au fait que les mâles ont une moindre capacité à développer une réponse immunitaire du fait d'une concentration élevée de corticostéroïdes dans le plasma qui provient d'un niveau élevé de testostérone.

1.4. Pathogénie

Par ses crochets buccaux, la larve L1 cause de nombreux petits traumatismes sur son trajet, aggravée par l'action des enzymes protéolytiques des glandes salivaires de ces larves.

En effet, l'infestation par les larves de *Hypoderma* provoque d'importants effets nocifs sur les tissus de l'hôte, dus essentiellement à l'action mécanique exercée par les appendices céphaliques mais aussi par l'action protéolytique et immunitaires des sécrétions larvaires (Lecroisey *et al.*, 1983). Cette action pathogène est conditionnée dans une grande mesure par l'intensité d'infestation et la résistance de l'hôte, elle-même dépendante d'autres facteurs tels que le contact antérieur avec le parasite et l'état général de l'animal. Les L-1 de *Hypoderma* spp. utilisent des enzymes sécrétées par leurs glandes salivaires pour lyser et digérer les tissus conjonctifs et inhiber la formation de fibrines, limitant par la même la possibilité de d'enkystement. Boulard (1969) indique la digestion a lieu en dehors de la larve, ensuite celle-

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

ci réabsorbe partiellement ses enzymes avec les produits de dégradation des tissus de l'hôte et emmagasine dans l'intestin moyen, qui est fermé à son extrémité postérieure par bouchon cellulaire. Ces enzymes sont synthétisées durant la phase migratoire, depuis la sortie des larves de l'œuf jusqu'à la mue des L-1 en L-2 dans le dos de l'animal. La digestion réalisée par les enzymes remplit tout au moins deux fins: la nutrition des larves, au moyen de la prédigestion des tissus alentour, et la protection du parasite contre les réactions inflammatoires de l'hôte. La peau traversée, les larves initient leur migration jusqu'à la sous-muqueuse œsophagienne dans le cas de *H. lineatum* et dans la graisse épидurale dans le canal rachidien pour *H. bovis*. Durant ces longs mois de migration larvaire, elles se déplacent, augmentent leur taille, laissent derrière elles des trajets gélatineux et hémorragiques avec d'abondants infiltrats leucocytaires. Dans le lieu de repos, la réaction de l'hôte diffère selon qu'il s'agit de primo-infestation ou de ré-infestation. Selon Boulard (1985), avec les infestations successives la réaction péri-larvaire dans la sous-muqueuse œsophagienne s'intensifie de manière considérable. Suite à la première mue larvaire, s'établit une communication entre la portion de l'intestin moyen et celle du postérieur, ce qui permet l'expulsion du contenu accumulé durant le premier stade larvaire; la libération des enzymes au sein du tissu sous-cutané de l'hôte est responsable de la lyse du derme et de l'épiderme, ce qui facilite le contact des larves avec l'extérieur.

Selon Berkenkamp et Drummond (1990), la mue des L-1 dans le dos provoque une réaction granulomateuse qui tend à encapsuler les 2^{èmes} et 3^{èmes} stades larvaires dans un tissu conjonctif fibreux dense qui entoure totalement la larve dans le nodule qui l'isole en quelque sorte du système immunitaire de l'hôte. Beesley (1966) affirme que les L-3 sont dans un milieu isolé et stable, évitant des infections secondaires en disposant de substances bactériostatiques. D'après Boulard (1979), il ne semble pas y avoir une communauté antigénique entre les larves des trois stades.

Enfin, le pertuis par lequel sortent les larves L3 constitue une porte d'entrée pour des germes pyogènes. De même, la pénétration des larves L1 peut s'accompagner de celle de germes banaux, mais également de germes spécifiques tels ceux du tétanos ou de la gangrène (Danvy, 1988). On ne peut passer omettre l'action immunosuppressive des hypodermes en agissant à la fois sur l'immunité acquise et innée (Moiré, 1998).

Durant ces dernières années, de nombreux chercheurs ont focalisé leur travail dans l'étude des réponses pathogènes et immunitaires contre les sécrétions larvaires.

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

La purification par chromatographie échangeuse d'ions de l'extrait larvaire total a mis en évidence l'existence de trois protéines principales, dénommées hypodermines A, B et C ou collagénases; ces enzymes sécrétées par les larves durant leur migration, appartiennent au groupe des sérines protéases, enzymes protéolytiques faisant partie de la famille de la trypsine (Boulard, 1970).

L'hypodermine C est une collagénase qui n'a aucune activité inflammatoire. Membre de la famille chymotrypsine, elle est impliquée dans la pénétration cutanée (Khaznadji *et al.*, 2003). Elle permet donc la migration des larves dans le tissu conjonctif profond en lysant le collagène en avant de la larve. En avançant, la larve réabsorbe une partie de cette enzyme qui s'accumule alors dans le tube digestif. L'hypodermine C sert à nouveau lors de la mue : libérée massivement sous la peau de l'hôte à l'occasion de l'ouverture du tube digestif à l'arrière de la larve, elle lyse le tégument si bien qu'elle le perfore, ce qui permet à la larve L2 de respirer. En outre, l'hypodermine C est doué d'un grand pouvoir antigénique.

L'hypodermine A fut découverte par Tong *et al.* (1981), ils la caractérisent comme étant une sérineprotéase d'un poids moléculaire de 27 k Da. L'analyse de sa séquence en acides aminés suggère une structure homologue à la collagénase et similaire à d'autres membres de la famille des trypsines.

L'hypodermine B fut découverte par Lecroisey *et al.* (1983), qui, après une caractérisation chimique et enzymatique, la définirent comme étant une sérine protéase d'un poids moléculaire de 23 kDa.

L'hypodermine A et l'hypodermine B sont de structure voisine de celle de l'hypodermine C, elles n'ont pas de propriété collagénasique et leur pouvoir antigénique est peu marqué. Elles sont apparentées à la famille de la trypsine (Khaznadji *et al.*, 2003). Elles sont douées d'un pouvoir d'inhibition de l'inflammation durant la migration larvaire, surtout en primo-infestation. Elles activent le facteur XII de la coagulation, dégradent le fibrinogène, déplètent le complément par voie classique et alterne ; et en dégradant le composant C3, elles bloquent les mécanismes de défense de l'hôte spécifiques et non spécifiques (Danvy, 1988 ; Nicolas-Gaulard, 1995 ; Moiré, 1998).

Pruett *et al.* (1988) ont obtenu pour ces trois fractions des poids moléculaires qui diffèrent de ceux mentionnés précédemment; 31,6 kDa pour l'hypodermine A, 25,1 kDa pour l'hypodermine B et 28,5 kDa pour l'hypodermine C. En tous cas, le poids moléculaire des trois protéases est assez proche si bien qu'en faisant migrer par électrophorèse dénaturante (SDS-PAGE), on obtient trois bandes principales très proches, celle qui migre le plus rapidement correspond à l'hypodermine B, suivie de la C et de la A. Nonobstant, malgré ces

Synthèse bibliographique sur l'hypoderme bovine

similitudes, ces fractions possèdent une séquence d'acides aminés qui diffère par le contenu des résidus chargés, ce qui fait que ces fractions ont une mobilité électrophorétique assez distincte en conditions non dénaturante (PAGE). Pruett et Barrett (1984), à travers l'électrophorèse en gel de polyacrylamides en conditions non dénaturante, obtinrent 14 bandes simples, et c'était l'hypoderme C qui migrait le plus rapidement suivie par l'hypoderme B et l'hypoderme A. Cette différence de charge facilite leur séparation par la chromatographie échangeuse d'ions, cette méthode étant celle de choix pour la purification initiale de l'extrait larvaire de *H. lineatum* (Tong *et al.*, 1981; Lecroisey *et al.*, 1983; Pruett et Barrett, 1984; Pruett *et al.*, 1988; Panadero, 1996, Morrono, 1998; Morrono *et al.*, 1999).

Quant à leur capacité antigénique et immunologique, Pruett *et al.* (1988), à travers le "Western Blotting", ont étudié la cinétique d'anticorps chez des animaux immunisés par différentes fractions protéiques purifiées à partir d'extrait total de larves de L-1 de *H. lineatum*.

L'hypoderme C est la plus immunogène puisque deux mois post-infestation se détectait une réponse anticorps contre cette fraction, alors qu'avec l'hypoderme A s'observait un mois plus tard, c'est pourquoi ces deux hypodermes sont considérées comme les plus immunogènes de l'extrait larvaire, nonobstant, le fait que ces deux fractions se trouvent en grandes concentrations au début de l'infestation, suggère que l'apparition précoce des anticorps pourrait être due à ces antigènes.

Divers auteurs (Boulard, 1970; Boulard et Weintraub, 1973; Robertson, 1980; Gingrich, 1982; Pruett et Barrett, 1985; Boulard, 1985; Chauvin, 1987; Prieto *et al.*, 1990; Chabaudie et Boulard, 1993; Morrono, 1998) ont noté que l'hypoderme C induit une rapide réponse immune, qui se détecte deux mois après l'infestation; c'est pourquoi, dès 1970 l'hypoderme C constitue l'antigène de prédilection pour l'immunodiagnostic de l'hypoderme bovine.

La technique de l'ADN recombinant permet d'obtenir des produits protéiques de qualité antigénique comparable à ceux purifiés à partir de parasites et en quantité suffisante pour mener à bien des analyses immunologiques à grande échelle. Lecroisey *et al.* (1987) ont découvert la séquence complète de l'hypoderme C. Ces mêmes auteurs joints à Tong *et al.* (1981) avaient déjà déterminé les séquences N-terminales des hypodermes A et B. Temeyer et Pruett (1990) ont pu isoler l'ARN messager, à partir de larves L1 de *H. lineatum*, permettant de la sorte la synthèse de l'ADN complémentaire pour le clonage génétique des protéines larvaires. Ensuite, Moiré *et al.* (1994) ont séquencé et cloné l'ADNc qui code pour les trois hypodermes larvaires. Plus récemment, Webster (1998) obtint l'hypoderme C recombinant, utilisant un phage exprimé dans *Escherichia coli*, mais sans pouvoir l'isoler

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

des extraits bactériens, ceux qui l'ont réussi c'était Casais *et al.* (1998), qui exprimèrent l'hypodermine C mature chez *E. coli* comme protéine de fusion glutathion S-transférase (GST) grâce à la chromatographie d'affinité utilisant le facteur Xa pour rompre la protéine de fusion.

La protéine recombinante obtenue de cette façon montrait une activité enzymatique en gel de polyacrinamide et une stabilité inhabituelle à de hautes températures maintenant son activité intacte même après deux heures d'incubation à 70°C.

Dans des études postérieures, Carballo (1999) et Panadero *et al.* (2000b) ont vérifié, par ELISA et immunoblotting, les résultats obtenus avec l'hypodermine C recombinante en les confrontant à ceux obtenus par l'emploi d'antigènes naturels de *Hypoderma*. La sensibilité de l'ELISA avec l'antigène recombinant était de 95,8% et la spécificité de 95,7% alors qu'avec l'antigène naturel ils obtinrent 98,2% pour les deux paramètres.

1.5. Manifestations cliniques

Les manifestations cliniques de l'hypodermose se notent durant la ponte des mouches et la période d'apparition des varons, quand commencent à apparaître les larves dans des nodules douloureux perceptibles à la palpation, mais ces manifestations sont moins évidentes durant la migration larvaire. C'est pourquoi, cette myiase est considérée pour ainsi dire comme une maladie zootechnique du fait d'une symptomatologie fruste, qui n'inquiète pas l'éleveur, elle se manifeste plutôt par une baisse de productivité, qui sera d'autant plus importante que le taux d'infestation sera élevé ; ces pertes sont difficilement quantifiables. L'excitation est plus importante avec *H. bovis* du fait du mode de ponte individuel supposant un vol plus fréquent autour du bovin.

L'approche des mouches *Hypoderma* peut provoquer la panique des animaux qui réagissent aux bourdonnements des femelles et s'enfuient à toute allure. Ces courses peuvent être à l'origine d'accidents, tels que fractures, entorses, chutes, avortement, sans compter les baisses de performances zootechniques, étant donné que ces animaux courent de toute la force de leurs muscles à la recherche de l'ombre et peuvent se jeter à l'eau pourvu qu'ils se protègent des mouches (Hussein, 1997).

Les manifestations cliniques générales durant la longue période de migration larvaire sont rarement évidentes et se traduisent par un retard de croissance des jeunes bovins et un léger amaigrissement des adultes, et en particulier une baisse de production laitière se fait sentir. On peut détecter également des dysphagies passagères suite à l'inflammation de la paroi

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

œsophagienne. Quand les larves qui migrent par le péritoine sont nombreuses, il y a péritonite mais aussi des boiteries et des parésies de différentes intensités, en fonction de la localisation de ces larves et leur phase de développement.

En cas d'infestations importantes, la symptomatologie est plus manifeste du fait, en grande mesure, de la libération massive d'enzymes durant la migration des larves, ce qui est exacerbé par un traitement incorrect. Ces manifestations s'apparentent à une intoxication par les organophosphorés, incluant une forte salivation, une œsophagite, problèmes digestifs avec météorisation aiguë, un état d'apathie avec une évolution normalement favorable en 24-48 heures (Boulard, 1991; Levasseur, 1991).

Eyre *et al.* (1981) ont noté que l'inoculation d'extraits de larves 1 de *H. lineatum* filtrés et purifiés à des bovins jeunes produit des altérations cardiorespiratoires telles que l'hypotension carotidienne, une hypertension artérielle, une dyspnée et des difficultés respiratoires.

La présence de larves dans le dos donne lieu à des furunculites plus ou moins intenses en fonction du grade d'inflammation, accompagnée de réaction douloureuse, un prurit, et un malaise général plus accentué chez les animaux jeunes puisque coïncidant avec des infestations massives, chez les animaux âgés ces manifestations sont moins évidentes. Après la sortie des larves, la petite plaie cicatrice rapidement et se récupère l'état général.

Il est bien connu que les enzymes accumulées par les larves jouent un rôle essentiel pour la survie de celles-ci du fait d'une action anti-inflammatoire et immun-modulatrice. Et c'est cette action qui garantit « le succès de l'infestation », ce qui peut favoriser d'autres processus pathogènes. Dans ce sens, Araujo-Chaveron (1994) ont noté une fort probable influence négative de *Hypoderma* sur le fonctionnement normal du système immunitaire des bovins à preuve que l'hypodermose bovine est corrélée positivement avec l'incidence d'autres pathologies telles que les métrites, les mammites, la météorisation, la toux, l'avortement, les boiteries, ainsi que des lésions cutanées et certains types de diarrhées.

1.6. Lésions

Les troubles les plus graves liés à hypodermose sont causés par la phase larvaire du parasite. On note alors :

- des lésions d'oesophagismes associées à l'infiltration de la sous-muqueuse œsophagienne (Boulard, 1975) provoquées surtout par les sécrétions de substances toxiques par les L1 d'*Hypoderma* sp. (Boulard *et al.*, 1970 ; Boulard, 1975). Ces lésions sont à l'origine de troubles digestifs sérieux avec perte d'appétit et amaigrissement ;

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

- des compressions médullaires ;

- des lésions confluentes dans les muscles du dos et des lombes causées par la traversée massive de cette région du corps par des larves d'*Hypoderma bovis* et *H. lineatum*. Ces lésions apparaissent, une fois l'animal sacrifié, sous forme d'une masse gélatineuse d'aspect répugnant qui recouvre la viande, ce qui amène au parage de la partie touchée. Parallèlement à ces lésions qu'on retrouve lors de l'inspection des carcasses au niveau des abattoirs, il y'a des troubles qui affectent le système immunitaire de l'animal et le rend donc vulnérable à d'autres pathologies infectieuses ou autres (Moiré, 1998). Les larves d'hypodermes sécrètent des enzymes agissant à des niveaux divers du système de défense de l'animal : système du complément, prolifération des lymphocytes, expression des récepteurs lymphocytaires (Nicolas-Gaulard, 1995). Les larves d'*Hypoderma sp.* échappent ainsi à la réaction de l'hôte bovin, et ce au cours des 10 à 11 mois de la migration larvaire. Ces enzymes affectent généralement la défense immunitaire et fragilisent l'animal en favorisant d'autres pathologies (Araujo-Chauveron *et al.*, 1994 ; Boulard *et al.*, 1998). Il n'est pas superflu de signaler la douleur générée par le séjour des L2 et L3 dans le tissu sous-cutané au milieu des granulomes inflammatoires. Bien que nous n'ayons aucun critère d'évaluation de la douleur à laquelle ont donné lieu les abcès dans le dos des animaux, l'attitude particulière des bovins (dos voussé et le grattage du dos sur les surfaces dures) suggèrent fortement que les varrons sont à l'origine d'une irritation.

Par ailleurs, le pus qui s'écoule des abcès est très attractif pour les mouches domestiques et les mouches des étables, autres agents de nuisance. D'autre part la sortie des larves peut s'accompagner parfois d'une surinfection bactérienne par des agents anaérobies tels que *Clostridium chauvei* et *C. novyi* bacille de nécrose (Euzéby, 1976) et entraîner la formation d'abcès qui se propagent dans les masses musculaires sous-jacentes et la colonne vertébrale.



Photo 7 : Lésions œsophagiennes (dans la sous-muqueuse à gauche, externes à droite, d'après, Díez-Baños *et al.*, 1995)

1.7. Diagnostic

Le diagnostic peut être direct ou indirect. Le diagnostic direct consiste en le comptage des larves ou varons. Il se base sur le comptage des nodules varonneux depuis leur apparition sur le dos des animaux jusqu'à leur disparition totale. Si ce type de diagnostic est facile, il est par contre très contraignant et peu précis. Il doit être réalisé par des visites mensuelles des animaux pendant au moins 5 mois. Etant donné que l'élevage algérien est la plupart du temps de type extensif, le comptage ne se prête pas bien. Il est indispensable de regrouper les animaux et de procéder à leur contention, chose à laquelle s'opposent les éleveurs (Benakhla *et al.*, 1999).

Par diagnostic indirect on se réfère au diagnostic immunologique. En effet, la mise en évidence des anticorps circulants dirigés contre l'hypodermine C a rendu possible la mise au point de l'immunodiagnostic de l'hypodermose (Boulard *et al.*, 1970). La première méthode de sérodiagnostic employée chez le bovin était l'hémagglutination passive (Boulard *et al.*, 1970). C'est dans les années 1980 que la technique ELISA employant l'hypodermine C fut utilisée par Boulard (1985). C'est la technique de routine en Espagne (Panadero *et al.*, 2007).

1.7.1. Diagnostic direct

Le diagnostic direct dérive de la connaissance du cycle interne du parasite et l'observation des différents stades du cycle évolutif d'*Hypoderma* chez l'hôte. Il peut se réaliser au niveau de l'abattoir, dans ce cas il s'agit d'un examen *post-mortem* qui met en évidence les larves de *H. lineatum* dans la sous-muqueuse de l'œsophage et de *H. bovis* dans la graisse épидurale. La petite taille des larves du stade 1 et l'aspect transparent rend difficile leur observation au niveau de l'abattoir. Cependant, la possibilité de transporter les œsophages et la graisse épидurale vers le laboratoire permet un examen méticuleux, facilite le diagnostic, ce qui permet ainsi d'obtenir des données plus précises sur la prévalence et, en particulier, sur la chronobiologie des deux espèces.

Beesley (1966), pour mieux détecter les larves de *H. bovis*, oriente l'examen vers les canaux qui avaient la graisse épидurale décolorée, puisque selon ses résultats, 52% des animaux avec décoloration hébergent des larves de *H. bovis*. Pour faciliter la collecte, on maintient la graisse du canal médullaire en eau à 35-40°C plusieurs heures pour que les larves présentes flottent. Les examens directs au niveau de l'abattoir permettent également de mettre en évidence la présence de larves 2 et 3 sur la face interne des peaux bovines sacrifiées, surtout durant la période du printemps. Durant longtemps, la méthode de prédilection pour le

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

diagnostic de l'hypodermose bovine a été le comptage *in vivo* des nodules larvaires par observation ou palpation directe de la région dorsolombaire. Le comptage des varrons permet d'évaluer correctement les niveaux d'infestation d'une région, toujours quand on se réfère à un grand nombre d'élevages, permet de connaître la situation parasitaire réelle d'une zone.

Cependant, le comptage des nodules souffre de plusieurs inconvénients pratiques, étant donné qu'il est difficile de le standardiser, il est donc peu objectif, implique la palpation d'animaux au poil long. Il pose également un autre problème au printemps quand les animaux sont mis à l'herbe. D'un autre côté, le comptage implique la réalisation de plusieurs visites, vu que la durée de séjour des larves dans le dos varie entre 1,5-3,5 mois et la période de pic d'émergence oscille d'une année à autre. En général, on considère que pour assurer la détection de la majorité des larves nécessite un comptage mensuel entre mars et juillet (Chauvin *et al.*, 1988).

Aussi faut-il accepter sa faible sensibilité si on le compare avec les méthodes immunologiques vu que le comptage ne détecte que 50% des animaux ayant été infestés pendant la période précédente, souvent les larves ne parviennent pas à accomplir leur développement, soit à cause de la réponse immune de l'hôte ou en raison d'un traitement antiparasitaire qui a été administré (Vázquez, 2010).

1.7.2. Diagnostic indirect ou immunologique

Le diagnostic précoce de l'hypodermose bovine a été l'un des principaux problèmes à résoudre dans la lutte contre cette myiase, vu que pour éviter l'action antigénique du parasite et pour réaliser le traitement durant les premières phases migratoires, on doit détecter la présence de larves chez l'hôte dès le début de l'infestation.

Les principales méthodes utilisées jusqu'à ce jour pour le diagnostic indirect ou immunologique se basent sur la recherche d'anticorps circulants formés contre les antigènes métaboliques sécrétés par les glandes salivaires des larves L-1 (Chabaudie *et al.*, 1992).

Nelson et Knapp, déjà en 1961, démontrèrent à travers une technique de floculation la présence d'anticorps dans le sérum de génisses et de lapins inoculés avec des extraits de larves 2 et 3.

Jusqu'en 1970, les diverses tentatives de diagnostic immunologiques se fondant sur l'utilisation des larves des stades 2 ou 3 étaient vaines.

La mise en évidence des anticorps circulants dirigés contre l'hypodermine C a rendu possible la mise au point de l'immunodiagnostic de l'hypodermose (Boulard *et al.*, 1970). La première méthode de sérodiagnostic employée chez le bovin était l'hémagglutination passive

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

(Boulard *et al.*, 1970). Chez l'Homme, la technique d'immunoélectrophorèse a pu être développée avec succès (Boulard et Petithory, 1977). C'est dans les années 1980 que la technique ELISA employant l'hypodermine C fut utilisée par Boulard (1985), Pruett et Barrett (1985), Chauvin (1987), Colwell et Baron (1990). Plus tard, une variante de cette méthode, l'immunodiffusion sur gélose a été mise au point en Algérie par Benakhla (1999). Ainsi, 277 sérums et autant de gouttes de sang obtenus à partir d'animaux sacrifiés au niveau de l'abattoir de Guelma ont servi aux tests ELISA et DIG-ELISA.

Ces différentes méthodes ont permis entre autres :

- l'étude épidémiologique de la maladie
- le suivi des programmes de prophylaxie antihypodermes

L'antigène est une collagénase brute (Boulard, 1970) qui s'obtient à partir d'un broyat de larves d'*Hypoderma lineatum* de premier stade, autrement dit prélevées de la sous-muqueuse œsophagienne bovine, et de larves d'*Hypoderma bovis* récoltées dans le tissu épidual. Cet antigène se compose principalement des protéines suivantes : l'hypodermine C (collagénase) et des hypodermes A et B (sérines protéases). Les premières protéines à activités collagénolytiques ont été mises en évidence chez les bactéries, et ce en 1962. Par la suite, elles ont été isolées dans le règne animal.

L'hypodermine C apparaît comme une protéine antigénique majeure reconnue précocement, et la réaction augmente par la suite dans les mois qui suivent. Les deux autres hypodermes sont peu immunogènes.

1.7.2.1. Hémagglutination passive

Cette technique repose sur l'utilisation des hématies tannées puis sensibilisées à la collagénase brute, et les réactions s'effectuent dans des plaques à cupules pour réactions d'agglutination. Le sérum est dilué du 1/4 au 1/2560 ; 0,1 ml de sérum dilué est mis en contact avec 0,025 ml de suspension de globules rouges sensibilisées. Le test d'agglutination est contrôlé après agitation pendant 15 minutes. Les agglutinations non spécifiques peuvent être évitées en effectuant une réaction témoin avec des hématies tannées mais non sensibilisées.

Le seuil de positivité retenu est celui de 1/8. Cette technique est précise mais requiert beaucoup de main d'œuvres car elle est longue à réaliser. Son utilisation à grande échelle en épidémiologie ou dans le contrôle de l'efficacité d'un traitement est difficile à envisager.

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

1.7.2.2. Méthode ELISA.

Un antigène spécifique d'un agent pathogène est fixé sur un support (plaque en plastique contenant 96 puits).

Le sérum de l'hôte est mis en incubation sur cette plaque. S'il possède des anticorps dirigés contre les antigènes de l'agent correspondant, ceux-ci vont se fixer dessus. Ensuite un deuxième anticorps, marqué à la peroxydase, anti IgG de l'espèce hôte étudiée est déposé sur la plaque. Ce deuxième anticorps va révéler les complexes antigènes-anticorps. La peroxydase fixée sur cet anticorps agissant sur un substrat donnera une coloration dont l'intensité sera proportionnelle à la quantité d'anticorps présents. La réaction observée pour chaque sérum sera comparée à des sérums de référence d'animaux indemnes ou très positifs.

Il s'agit de sensibiliser, la veille du test des microplaques en déposant avec une pipette multicanaux pour chaque puit : 100 µl de solution antigénique diluée en tampon carbonate. Après une incubation d'une heure à 37°C, les plaques sont recouvertes de papier d'aluminium et placées à 4°C pendant une nuit.

Le lendemain, les plaques sont retirées et soumises à 4 lavages automatiques au tampon PSB-tween 20 à 0,1 % puis tapotées sur du papier adsorbant. Ceci fait, les sites de fixation non spécifiques sont saturés par 200 µl par puits d'une solution de gélatine à 0,5 % en tampon carbonate préparée à cet effet. Une incubation d'une heure à 37°C est observée.

Les plaques sont vidées puis lavées. Il est mis alors 100 microlitres de sérum dilué en PBST. Les sérums à tester ainsi que ceux de référence négative et positive sont déposés en triplicats. L'incubation prend une heure à 37°C. Il faut effectuer ensuite 4 lavages en PBST et mettre pour toute la plaque 100 µl / puits d'une solution de conjugué marqué à la peroxydase et diluée en PBSTG. Incuber les plaques à 37°C pour une heure de temps. La lecture se fait au spectrophotomètre à 405 nm.

Les résultats sont exprimés en écart-type des densités optiques corrigées exprimées sur le lecteur de plaques. Les résultats pour chaque sérum à tester peuvent ainsi s'exprimer en pourcentage d'anticorps par rapport à un pool de sérum de référence positive et pool de sérum négative.

La technique ELISA est plus rapide que l'hémagglutination passive, mais elle nécessite un appareillage très sophistiqué, qui est, cependant, largement disponible de nos jours. La figure n° 3 schématise le principe du test ELISA spécialement conçu pour l'hypodermose.

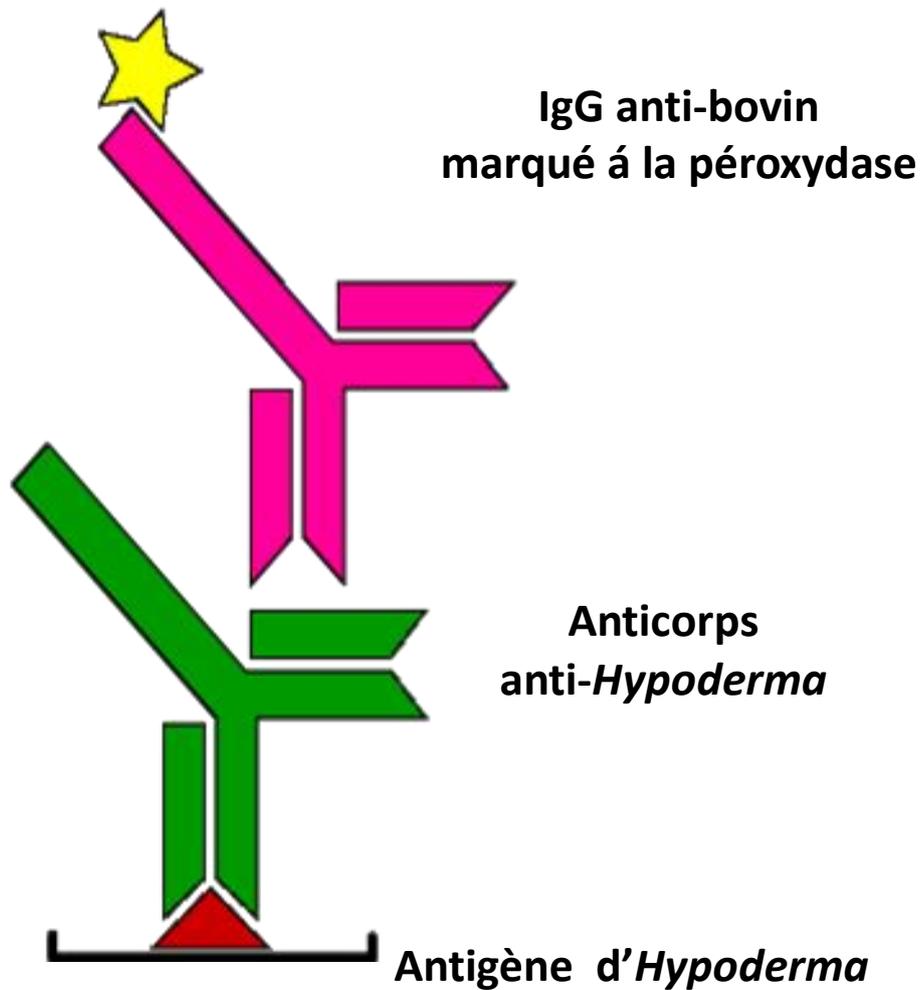


Figure 3 : Représentation schématique modifiée (par l'auteur) du test ELISA dans le diagnostic de l'hypodermose

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

Doby et *al.* (1987a) signalèrent que l'ELISA et l'hémagglutination passive (HAP) sont deux méthodes qui permettent le diagnostic précoce de l'hypodermose humaine, alors que avec immunoelectrophorèse se connaît mieux l'évolution de la maladie.

Doby et *al.* (1987b) conçurent une ELISA pour le diagnostic de l'hypodermose humaine, qui détecta IgG et IgE spécifiques, ils obtinrent des résultats similaires pour les deux immunoglobulines, avec des différences de densités optiques plus basses pour les IgE. Selon ces auteurs les IgE se détectent un peu plus tardivement que les IgG, mais persistent plus longtemps.

Sinclair et Wassall (1983) mirent au point une technique ELISA pour le diagnostic de l'hypodermose bovine, adaptant la méthode de Ruitenbergh et Buys (1976), en utilisant des plaques de micro-titrage et en insérant une immunoglobuline extra (rabbit anti-bovine IgG) entre le sérum à tester et l'immuno-conjugué (goat anti-rabbit IgG), avec de fortes réactions positives chez tous les animaux, y compris ceux n'ayant qu'une seule larve.

Boulard (1985) signala les avantages de l'immunodiagnostic de l'hypodermose bovine à travers l'hémagglutination passive et l'ELISA à partir de sérum ou de lactosérum. Le lactosérum peut faciliter la prise de prélèvements en vue de diagnostic mais l'intensité de la réponse immune n'est pas toujours corrélée avec celle du sérum, étant donné que les différences de densités optiques enregistrées dans le lait peuvent également varier en fonction de l'état inflammatoire de la glande mammaire.

De même, Chauvin (1987) utilisa l'ELISA pour le diagnostic de l'hypodermose en recourant soit au sérum soit au lactosérum. Par la suite, Boulard et Villejoubert (1991) employèrent des mélanges de sérums et de lactosérums de 10 animaux et les étudièrent à travers le test ELISA; ils purent déterminer la période de l'année la plus appropriée pour faire des prélèvements.

Colwell et Baron (1990) ont mené une étude sur 300 vaches durant une période de trois ans, à travers le test ELISA et par palpation observation directe des varons sur le dos, ils purent vérifier qu'avec ELISA, 5% des animaux étaient faux positifs, autrement dit positifs par ELISA mais ils ne présentaient pas de varons. Le fait que la grande partie de ces faux positifs montraient des niveaux similaires voire supérieurs à ceux ayant des varons, fait penser que ces animaux avaient été infestés, mais les larves n'étaient pas parvenues à terminer leur migration et restèrent dans le tissu sous-cutané sans pouvoir former des nodules. En outre, il a été noté que dans les zones où les deux espèces d'*Hypoderma* coexistent, les bovins infestés

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

uniquement par *H. bovis* donnaient des réponses négatives par ELISA, spécialement si la prise de sang a été faite très tôt et de forme ponctuelle.

Boulard (1985) démontra les avantages de l'immunodiagnostic par hémagglutination passive ou par ELISA sur le comptage des larves dorsolombaires. Avec les deux premières techniques le diagnostic se fait avec un seul sérum tandis que le comptage des varons requiert des visites répétées pour que les résultats soient satisfaisants. La technique ELISA détecte des animaux infestés par *Hypoderma* spp; mais, elle ne peut évaluer l'intensité d'infestation des animaux. Lysyk et al. (1991) ont développé un modèle mathématique qui permet de prédire le nombre moyen de varrons par animal dans un élevage en partant de la proportion des bovins non infestés.

Losson et Lonneux (1991) ont utilisé un kit commercial d'ELISA (Clonatec Hypodermose) pour la détection sérologique de l'hypodermose bovine dans trois fermes de Belgique, et ils ont obtenu une bonne corrélation entre la sérologie et l'examen clinique si bien qu'ils n'aient trouvé que 4 faux négatifs parmi les animaux les plus âgés et plus résistants et 4 faux positifs chez un groupe d'animaux ayant reçu un traitement avant que les larves arrivent au dos.

Chauvin *et al.* (1988) ont comparé les différentes méthodes utilisées pour le diagnostic de l'hypodermose bovine, la technique la plus sensible était l'ELISA utilisant le sérum suivie par la HAP, et à moindre mesure, l'ELISA employant le lactosérum. Par contre, la plus spécifique était le comptage des varrons, puis ELISA par sérum et enfin la HAP. Webster *et al.* (1997a) décrivent un test ELISA de compétition pour la détection d'anticorps dirigés différentes espèces du genre *Hypoderma* dans le sérum bovin, avec une sensibilité de 100% et spécificité de 92%. Ces auteurs affirment que cette épreuve ELISA constitue un complément pour l'ELISA sandwich standard surtout de cas de prélèvements montrant des liaisons non spécifiques.

Panadero *et al.* (2002) mirent au point un test ELISA sandwich pour la détection d'antigènes HyC, et dans une étude ultérieure (Panadero *et al.*, 2007) évaluèrent son usage pour le diagnostic d'infestations dans les conditions du terrain, notant que la HyC était présente dans la circulation à des niveaux bas durant les phases précoces et tardives d'infestation et qu'il y avait deux pics de concentration coïncidant avec la présence de L-1 dans l'œsophage. En plus, ils observèrent que les niveaux d'antigènes n'étaient pas corrélés avec le nombre de varrons. Ainsi, l'ELISA de capture est un bon outil de suivi de l'évolution

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

des larves chez l'hôte, limitant son utilisation pour le diagnostic précoce dans les conditions du terrain du fait de l'élévation épisodique des niveaux de HyC.

Colwell *et al.* (2008) observèrent la dynamique de circulation de la HyC chez les bovins déjà infestés était similaire à celle des bovins en primo-infestation. Ces auteurs affirment également qu'une réponse immune significative se développait durant l'infestation primaire qui se reflétait par la génération rapide et appréciable d'anticorps après la réinfestation.

Webster *et al.* (1997b) étudièrent la présence d'anticorps contre les espèces d'*Hypoderma* dans des exploitations d'Angleterre, d'Ecosse et du pays des Galles, où les bovins séropositifs ne sont pas admis. Ces auteurs affirmèrent que la sensibilité de l'épreuve sérologique dépasse notablement celle de l'examen direct.

L'obtention, l'usage d'antigènes et leur élaboration a évolué avec le temps. Robertson (1980) démontra l'absence de réactions croisées entre les antigènes des larves L-1 et L-3, même si se détectait de rares réponses anticorps dirigées contre les L-2.

Boulard et Weintraub (1973) lors d'infestations expérimentales de lapins avec des L-1 d'*Hypoderma* spp virent que la collagénase larvaire était l'antigène basique pour la dépistage précoce.

Monfray et Boulard (1990) firent une évaluation préliminaire de quatre techniques diagnostiques (double immunodiffusion en gel, immunoelectrophorèse, hémagglutination passive et l'ELISA) pour le diagnostic de *H. tarandi* chez le renne, obtenant de meilleurs résultats avec l'ELISA utilisant comme source d'antigènes les larves L-1.

Martínez-Moreno *et al.* (1994), comparant les résultats de l'ELISA avec des antigènes somatiques et d'excrétion-sécrétion, ils obtinrent de meilleurs résultats avec ces derniers, puisqu'on pouvait établir des différences entre les sérums positifs et négatifs.

Prieto *et al.* (1990) à travers l'ELISA purent mieux différencier les animaux infestés de ceux non infestés en utilisant comme antigène l'hypodermine C purifiée par HPLC de phase inverse, au lieu d'un extrait brut des L-1 de *H. lineatum*.

Depuis l'adaptation de la technique ELISA pour le diagnostic de l'hypodermose bovine jusqu'à maintenant ont été utilisés divers protocoles. Martínez-Moreno *et al.* (1995) firent appel à un procédé où s'intercalait une globuline intermédiaire afin de potentialiser la réaction spécifique (Rabbit-antibovine IgG+Goat-antirabbit-HRP) et dans d'autres cas une réaction directe (Anti-bovine IgG-HRP). En dépit du fait que la réaction immuno-enzymatique était plus intense en intercalant une globuline intermédiaire, la réaction directe discrimine mieux les positifs des négatifs. Différents auteurs (Doby *et al.*, 1987a,b; Sinclair et Wassall, 1983) ont noté que l'ELISA ne peut différencier l'espèce d'*Hypoderma* qui cause

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

l'infestation, mais des réactions croisées avec d'autres espèces de parasites n'ont pas été détectées.

1.7.2.3. Méthode DIG-ELISA.

La mise au point de cette méthode est facile. La sensibilisation se fait dans des boîtes de pétri avec 10 ml d'antigène à 2,5 µl/ml en tampon carbonate 0.1.M pH 9,6. L'incubation dure une nuit à 4 °C.

Après lavage en PBS, une gélose est coulée dans chaque boîte à raison de 100 µg de gélatine, 100 µg de NaCl 0,50 M : QSP 10 ml. Des puits de 2 mm de diamètre sont creusés à l'emporte-pièce. Dans chaque boîte de pétri sont déposés les sérums à tester dilués au 1/100 PBST (5 µl par puits).

Après avoir laissé diffuser pendant 3 heures à température ambiante, la gélose est retirée et la boîte est lavée trois fois en PBST. 10 ml de conjugué marqué à la peroxydase sont ajoutés (dilution 1/5000). Après 2 heures d'incubation à température ambiante, le conjugué est éliminé et les boîtes sont lavées trois fois en PBST puis deux fois en PBS. Une gélose de révélation est coulée (75 µg/ABTS ; 1,1 µg H₂O₂ 30% : 1,3 µg/ citrate 0,1M pH 4 : QSP 10 ml) dans chaque boîte.

La lecture se fait après 3 minutes à température ambiante. Le résultat est considéré négatif (0) s'il n'y a pas de coloration, faiblement positif (++) en coloration moyenne et nettement positif (+++) si la coloration est intense.

Cette méthode revient moins chère que l'ELISA mais elle ne permet pas d'exprimer le % d'anticorps. Elle peut être employée dans les séroprévalences de cheptels (Saidani, 2007).

1.7.2.4. Autres méthodes de diagnostic indirect

Boulard et Petithory (1977) détectèrent 76% de cas positifs d'hypodermose humaine grâce à la méthode "**double diffusion en gel**," employant un antigène de *H. lineatum* et de *H. bovis*; mais, il s'est produit des réactions croisées avec les antigènes de *Gasterophilus intestinalis*.

L'immunoélectrophorèse utilisée avec succès par Doby et al. (1987a) pour l'hypodermose humaine, a un inconvénient majeur du fait de la nécessité de hauts niveaux d'antigènes et la disposition de grandes quantités de sérums, il faut plusieurs jours pour lire les résultats. Cependant, cette méthode permet même de différencier l'espèce responsable de l'infestation.

Khan (1981) développa une épreuve intradermique destinée à détecter les bovines infestés par *Hypoderma* spp. Pour ce faire il élaborait des antigènes à partir de L-1 de *H. lineatum* et

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

parvint à déceler la présence de réactions dermiques chez des bovins infestés tant par *H. bovis* que par *H. lineatum*.

Martínez-Moreno *et al.* (1994) ont adopté la technique de western-blotting pour le diagnostic de l'hypodermose bovine avec l'objectif de développer une méthode plus sensible et spécifique. Ils ont utilisé comme antigène l'extrait brut, dont les fractions ont été séparées par SDS-PAGE; après leur transfert à la membrane de nitrocellulose, ils ont adopté la dilution de sérum 1/600 et ont procédé à l'immuno-révélation par le système avidine-biotine. Trois des 4 fractions obtenues par électrophorèse, de poids moléculaires respectivement de 27, 23 et 21 kDa, ont donné lieu à des réactions par immunoblotting.

1.8. Réponse immune suite à l'infestation par *Hypoderma* sp.

Les larves 1 du genre *Hypoderma* entreprennent une longue migration à travers le tissu conjonctif lâche profond des bovins, où elles s'exposent continuellement aux mécanismes de défense de l'hôte. Leur survie dépend d'une part de l'échappement au système immunitaire et de leur capacité à moduler celui-ci d'autre part (Panadero *et al.*, 2009).

1.8.1. Réponse innée

Weintraub *et al.* (1961) prouvèrent l'existence de résistance innée chez des veaux infestés par *Hypoderma*. Cette résistance, s'exprime fondamentalement au niveau de la peau par l'apport de la vitamine A, produisant une mortalité de 65-75% des larves en phase de pénétration. A mesure que ces veaux croissent, la résistance innée diminue et se fait remplacer par la résistance acquise, générée à partir du premier contact avec le parasite (Gingrich, 1980).

Boulard et Bencharif (1984) mirent en évidence l'activité inhibitrice des hypodermes A et B sur le complément hémolytique bovin, ce qui permet au parasite d'éluder la réaction de défense de l'hôte. Vu l'importance du développement de la réponse inflammatoire, cette activité est plus intense chez les animaux jeunes que chez les adultes antérieurement infestés. Plus tard, Boulard (1989) et Baron (1987) précisèrent leur mécanisme d'action à travers la dégradation du facteur C3, qui contrôle le déclenchement de la réponse inflammatoire et de la réaction immune chez les bovins non infestés antérieurement, ce qui contribue sans doute à inhiber ou à atténuer ces réactions en favorisant la survie des larves chez l'hôte. Par conséquent, la survie des larves chez les veaux est plus importante que chez les animaux plus âgés. Baron (1990) signala que l'hypoderme A est la plus efficace en fait de dégradation du facteur C3 bovin, puisqu'elle est capable de lyser les chaînes α et β .

1.8.2. Réponse acquise

1.8.2.1 Réponse humorale

Les L-1 de *Hypoderma* spp. provoquent une réponse humorale dirigée contre ses sécrétions qui constituent essentiellement des produits synthétisés par les glandes salivaires larvaires (Boulard et al., 1970). Durant la migration larvaire apparaissent d'importantes variations individuelles dans la réponse humorale de l'hôte, attribuables à la mort sporadique et plus ou moins lente des larves. Cependant, en général la courbe est ascendante et se répète avec chaque nouveau cycle de parasite. Boulard et Weintraub (1973) étudièrent à travers l'hémagglutination passive chez des lapins infestés expérimentalement avec L-1 de *H. bovis* et *H. lineatum*, mirent en évidence une augmentation des niveaux des anticorps durant les deux mois post-infestation, avec un maximum qui se maintient jusqu'à 200j p.i.; ils observèrent aussi que la capacité pour stimuler la production d'anticorps est plus importante par les produits métaboliques des larves vivantes que ceux provenant des larves mortes. Les anticorps initialement détectés étaient toujours dirigés contre la fraction collagénase de la larve. Depuis lors, de nombreux travaux ont été consacrés à l'étude de la réponse humorale à *Hypoderma* (Sinclair et al., 1983; Boulard, 1985; Pruett et Barrett, 1985; Panadero et al., 1997, 2002). Plus récemment, Vázquez et al. (2012) ont constaté que durant les premières phases de l'infestation par *Hypoderma* il y a une légère prédominance d'une réponse Th1, caractérisée par une forte réponse IgG2, qui est suivie d'une réponse Th2 avec une nette prédominance de IgG1. La réponse humorale de l'hôte diffère selon qu'il s'agit d'une primo-infestation ou d'une réinfestation (Colwell et Baron, 1990 ; Panadero et al., 2013).

1.8.2.2 Réponse cellulaire

Gingrich (1982) suggéra la participation de réponse de base cellulaire dans la résistance acquise contre l'hypodermose bovine, en observant que les animaux plus résistants à l'infestation ont, un mois après celle-ci, une activité MIF (Macrophage Migration Inhibitory Factor) plus élevée que les moins résistants, et réagissent plus activement aux antigènes des larves qui pénètrent la peau. Autres auteurs tels (Colwell, 1985; Baron et Weintraub, 1987) observèrent une corrélation entre l'intensité de la réponse immune cellulaire et le stade de protection des animaux résistants précédemment infestés. De la même façon, Baron et Weintraub (1987) détectèrent *in vitro* une réponse lympho-prolifératrice antigène-spécifique qui varia avec les phases d'infestation et de corrélation positive avec la résistance de l'hôte, ce qui laissait penser que la résistance acquise est de base cellulaire avec la participation des lymphocytes B et T. Ainsi, chez les animaux réinfestés, la réponse cellulaire est intense

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

durant les deux mois suivant l'infestation, coïncidant avec la migration des L-1 vers les lieux de repos, mais se maintient relativement basse tout au long de ce séjour des L-1 à ce niveau, pour s'intensifier avec la reprise de la migration larvaire vers le dos. Cependant, chez les animaux primo-infestés cette réaction immunitaire de base cellulaire est plus tardive. Durant l'invasion de la peau, l'intensité de la réponse cellulaire éosinophile augmente en cas d'exposition antérieures, il s'observe sur le trajet d'entrée chez les animaux réinfestés un abondant exsudat éosinophile autour de l'extrémité postérieure de la larve.

Aussi s'observa-t-il une rapide élévation du niveau d'éosinophiles dans le sang pour atteindre un maximum entre les 7-20 jours faisant suite à l'entrée des larves (Nelson et Weintraub, 1972; Nelson, 1987 et Colwell, 1997); ces niveaux se maintiennent relativement hauts durant la phase migratoire (Colwell, 1997), et s'élèvent de nouveau lors de l'apparition des larves dans le dos. Nelson et Weintraub (1972) ainsi que Colwell (1987) trouvèrent une relation inverse entre la survie des larves chez les animaux infestés les valeurs d'éosinophiles.

Doby *et al.* (1987) dans le cas de l'hypodermose humaine, observèrent que l'hyperéosinophilie se maintient pendant que les larves possèdent une activité sécrétoire excrétoire dans les tissus profonds, pour revenir à la normale après cela, ce qui revient à dire que quand les larves sont neutralisées par les réponses sérologiques et tissulaires.

Plus récemment, López *et al.* (2005) et Dacal *et al.* (2011) ont étudié la composition et la dynamique de l'infiltrat entourant des larves pénétrant la peau et ont observé que les cellules B, les plasmocytes IgG et CD3 + infiltrats étaient plus abondants chez les animaux ayant été déjà infestés.

1.9 Moyens de lutte

1.9.1. Méthodes de traitement de l'hypodermose bovine

1.9.1.1. Les différents types de traitements

Les premières méthodes de lutte contre l'hypodermose visaient des larves en position sous-cutanée, en région dorso-lombaire. Elles reposaient sur les applications locales au fur et à mesure de l'apparition des varons sur le dos des animaux, de différents insecticides : le p. dichlorbenzène, les préparations à base de derris, et Lonchocarpus (roténone), les principes actifs du pyrèthre insecticide, les pyréthrinés et les organochlorés.

En dehors de la roténone, les autres produits n'ont plus qu'un intérêt historique ; si certains sont abandonnés à cause des résidus toxiques qu'ils laissent dans l'organisme (Euzéby, 1976),

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

d'autres le sont en raison d'une efficacité imparfaite (exemple du meninchlopholon) (Magat et Faure, 1970) ou bien d'une instabilité chimique, et c'est le cas des pyrèthrine. Ces méthodes de traitement qui interviennent tardivement, et qui sont dits curatifs, ont uniquement pour effet de réduire les populations adultes d'hypodermes et par là même réduire les infestations postérieures, autrement dit au cours des cycles suivants. Cependant, ils ne permettent pas d'éviter les pertes économiques liées à la migration larvaire (Saidani, 2007).

Vers 1960, lorsqu'il a été démontré que les insecticides organophosphorés agissent par voie systémique (Mc Gregor *et al.*, 1954), des méthodes précoces de traitements ont été instituées. Elles présentent l'avantage d'agir sur les larves au cours de leur longue migration interne et permettent ainsi de limiter l'incidence du parasite et de prévenir les pertes qu'il génère (le traitement est dit préventif).

Le mérite de ce type de traitement revient à l'emploi aujourd'hui des insecticides systémiques, tels que les organophosphorés, les avermectines, et les mylbémécines. Cela permet une pleine efficacité contre les L1 en une seule application

1.9.1.2. Les principaux insecticides utilisés

Un grand nombre de plantes telles que le tabac, le pyrèthre, le derris, le cubé, renferment des principes actifs sous forme d'alcaloïdes. Bien que la production d'insecticides végétaux soit de loin dépassée par celle des insecticides organophosphorés, une substance comme la roténone (Tikizid[®], Siegfried AG) est encore utilisée dans certains pays en vue d'un traitement tardif visant la destruction des L2 et L3 d'hypodermose (Charbon et Pfister, 1994).

Les organophosphorés sont des substances organiques contenant un ou plusieurs atomes de phosphore. Les composés commercialisés en Algérie sont au nombre de deux :

- le Trichlorfon ou Néguvon ND
- le Fenthion ou Tiguvon ND

Le mécanisme d'action des organophosphorés repose essentiellement sur l'inhibition de certaines enzymes, en l'occurrence les cholinestérases, qui hydrolysent l'acétylcholine, médiateur chimique du système parasymphatique (Tapernoux et Magat, 1961).

Les organophosphorés sont actifs contre les stades L2 et L3 dans le tissu conjonctif sous-cutané par voie locale et par voie systémique contre le stade L1. Vis-à-vis des larves L1, soit en traitement préventif, les organophosphorés sont employés par simple épandage du produit le long de l'épine dorsale de l'animal à raison de 30 à 300 cm³, dit en anglais « pour on », ce qui veut dire en français « verser sur ». La dose efficace peut être concentrée dans un volume

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

réduit de 3 à 5 ml/100 kg autorisant une projection à distance « formule spot on » (Hamel, 1984). Leur rapide élimination (certaines formulations de trichlorfon) autorise leur emploi chez les vaches laitières en production.

Le métrifonate est également utilisé comme antibilharzien en médecine humaine, où il est connu sous le nom de Bilharcil®. Il se présente sous forme de comprimés de 100 mg, et est employé à raison de 10 mg/kg chez l'enfant, de 6 comprimés chez l'adulte, en 2 prises à 15j d'intervalle. Seulement, il n'est efficace que contre *Schistosoma hematobium* (Belkaid et al., 1999).

En 1981 sont introduits les premières avermectines avec l'ivermectine (Ivomec®). Utilisées à 200 µg/kg, les avermectines ont un spectre d'action large vis à vis des nématodes et des arthropodes. L'efficacité de l'ivermectine est très grande contre le premier stade larvaire des hypodermes, ce qui a permis l'utilisation de microdoses : 0.1 µg/kg à 4 µg/kg (Drummond 1984, Argente et Hillion, 1984). L'ivermectine utilisée à 200 µg/kg est aussi efficace contre tous les stades larvaires d'*Oestrus ovis* (Dorchies et Ducos de Lahitte, 1986) et des strongyloses pulmonaires (DMV, 2001). Les avermectines sont lentement éliminées, ce qui explique leur efficacité durable contre plusieurs parasites.

La doramectine, à la posologie de 200 µg/kg, est active sur les trois stades larvaires d'*Oestrus ovis*, sur les larves d'hypodermes en migration, sur les nématodes gastro-intestinaux, sur *Dictyocaulus viviparus* (DMV, 2001). De même la moxidectine (200 µg/ml) est efficace sur les larves d'*Hypoderma bovis*, d'*Hypoderma lineatum* et d'*Oestrus ovis*, sur les nématodes gastro-intestinaux et sur *Dictyocaulus filaria* (DMV, 2001).

L'éprinomectine (EPR) (4'-épiacétylamino-4désoxy-averectine B1) est obtenue par hémi-synthèse du produit issu de la fermentation de *Streptomyces avermetilis*. Structuralement, elle est très proche de l'IVM avec, comme différence majeure, l'ajout d'un groupement polaire épiacetyl amino (5NCOCH₃) en C4 à l'extrémité du résidu saccharique. L'ajout de ce groupement polaire augmente, relativement aux autres LMs, l'hydrophilie de la molécule. Cette molécule a été sélectionnée parmi plus de 500 lactones macrocycliques en vue d'obtenir le spectre et la marge de sécurité les plus larges possibles, avec les concentrations les plus faibles dans le lait. Ainsi, seulement son emploi chez les vaches laitières en production pouvait être envisagé (Alvinerie et al., 1999; Shoop et al., 1996a; Shoop et al., 1996b). Seulement, pour des raisons inconnues, cette spécialité est indisponible en Algérie.

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

D'après une étude réalisée par Benakhla et *al.* (1993) sur l'hypodermose en Algérie, l'efficacité est de 100 % pour l'ivermectine, 80 % pour le fenthion et 96 % pour le métrifonate.

L'ivermectine est également employée en médecine humaine et donne de très bons résultats. Elle est connue sous le nom de Mectizan®, elle est empruntée à la médecine vétérinaire. Depuis 1981, on l'utilise dans le traitement de l'onchocercose, ou cécité des rivières, et est actuellement testée contre d'autres filarioses. Activité microfilaricides assez bien tolérée, les réactions de Mazotti ou apparentées sont moins fréquentes qu'avec le diethyl carbamazine (Belkaid et *al.*, 1999). Elle se prête bien aux traitements préventifs de ces affections, vu sa rémanence. Elle exerce son activité insecticide contre les vecteurs qui viennent prendre leur repas sanguin chez l'Homme.

Une autre molécule utilisée est la roténone. Elle est atoxique pour l'homme et les animaux, n'entraîne pas de résidus et peut donc être utilisée en toute sécurité dans les élevages laitiers. Cependant son activité est limitée aux deuxième et troisième stades larvaires (Benakhla *et al.* 1998). Avec la Roténone, l'efficacité varie de 72 % à 100 % (Charbon et Pfister 1993).

Parmi les molécules fasciolicides, le closantel, actif sur *Fasciola hepatica* à la posologie de 10 mg/kg, l'est aussi sur tous les stades d'*Oestrus ovis* et sur les stades sous-cutanés d'*Hypoderma bovis* et d'*Hypoderma lineatum*. Chez les ovins, le closantel est efficace contre les strongyloses à nématodes hématophages. Le nitroxinil (10 mg/kg), utilisé dans la lutte contre les douves, les strongles gastro-intestinaux, est aussi utilisable contre les œstres (DMV, 2001).

1.9.1.3 Accidents liés au traitement

1.9.1.1.1. Les troubles précoces

Les troubles précoces surviennent 6 heures après le traitement et consistent en :

- salivation
- myosis
- bradycardie
- tremblements, difficulté du relever et raideur de la démarche

La fréquence de ces accidents est assez élevée puisque 5 à 10 % des bovins traités peuvent avoir des symptômes d'intoxication, très généralement sans suites graves. La guérison est l'issue la plus fréquente, soit spontanée, soit sous l'effet d'un traitement approprié.

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

1.9.1.1.2. Les troubles tardifs

Les troubles tardifs apparaissent une semaine après le traitement et se manifestent par des troubles comparables à ceux décrits précédemment avec en plus une tachycardie et des phénomènes de météorisations (Nelson *et al*, 1967 ; Magat *et al*, 1968). Ces troubles qui sont observés quel que soit l'hypodermocide employé et même quelle que soit la dose préconisée sont le fait d'une destruction massive de larves du stade 1 soit au niveau rachidien soit au niveau de la muqueuse œsophagienne. Cette destruction aboutit à la libération d'antigènes et de toxines larvaires qui déclenchent dans l'organisme parasité, soit des réactions locales, dans les cas les plus bénins, soit des réactions généralisées, dans les cas les plus graves. L'existence d'un choc anaphylactique a été démontrée par Boulard (1975). Chez les animaux sensibilisés, les anticorps agissent de concert avec le complément, ayant formé avec les antigènes des complexes immuns, ce qui donne lieu au phénomène d'Arthus. Ces réactions se résorbent progressivement. Ceci se traduit sur le terrain par :

- des œsophagites dues aux oedèmes de la sous-muqueuse œsophagienne où se localisent les larves L1 d'*Hypoderma lineatum* (Scharff *et al.*, 1962 ; Khan, 1971) ;
- des symptômes locomoteurs avec parésie et ataxie locomotrice provoquée par une compression de la moelle épinière due à la formation de caillot sanguin dans l'espace épidual autour des larves du stade 1 d'*Hypoderma bovis* (Khan, 1969 ; Belli et Laval, 1981 ; Boulard *et al.*, 1991). Ces symptômes rétrocedent le plus souvent spontanément mais sont susceptibles d'être améliorés par toute médication visant à lyser les caillots et réduire l'inflammation.

Lorsque l'imprégnation antigénique est massive, les symptômes sont d'autant plus sévères, étant donné que les complexes immuns sont plus abondants. Par ailleurs, des anticorps réaginisques cytophiles se fixent sur les mastocytes et les basophiles dont ils provoquent la dégranulation, avec comme résultat la libération d'histamine qui déclenchent des phénomènes physiopathologiques graves (Boulard, 1980). Ces réactions générales de l'organisme se traduisent cliniquement par :

- la dyspnée, au niveau respiratoire ;
- la diarrhée et le ptyalisme concernant le tractus digestif ;
- un érythème de la face, puis œdème des paupières et de la région vulvo-anale, en ce qui a trait au tissu cutanéomuqueux.

A ces symptômes généraux se joignent les phénomènes d'Arthus autour des larves, mentionnés précédemment, et provoquent :

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

- des œsophagites graves entraînant du météorisme
- une parésie évoluant parfois en paralysie

1.9.1.4 Traitement des troubles consécutifs au traitement préventif

Il est évident que le traitement approprié diffère suivant qu'il s'agit de troubles précoces, générés par le produit lui-même, ou de troubles tardifs, d'ordre immunologique, provoqués par la destruction des larves et la libération des antigènes qu'elles renferment. Ainsi, le traitement des troubles causés par les organophosphorés se réalise :

- par l'administration d'atropine (sulfate d'atropine), parasympholytique puissant, antagoniste compétitif de l'acétylcholine au niveau de ses récepteurs muscariniques, ce qui fait que ce produit n'agit que sur les effets muscariniques, résultant de l'exagération des effets physiologiques de l'acétylcholine, digestifs surtout et sécrétoires, etc. Ce traitement est réalisé selon le schéma suivant : 0,5-1mg/kg dont ¼ de la dose est administrée en IV et le reste en SC, ou bien en IM toutes 3-4 heures durant 1 à 2 jours jusqu'à l'atropinisation (mydriase, sécheresse des muqueuses) ;
- par l'administration de la pralidoxine (contrathion®) à la dose de 20 mg/Kg en IV deux fois par jour en vue de combattre les effets nicotiniques. Un tel produit a la vertu de réactiver les cholinestérases en déplaçant l'organophosphoré de sa liaison covalente avec l'enzyme, ce qui aboutit à sa réactivation.

L'administration doit se faire avec circonspection surtout en cas de tachycardie ou de tympanisme.

La conduite du traitement repose sur un diagnostic précis qui peut être parfois réalisé sur le terrain. Quant aux troubles tardifs, qui sont parfois prépondérants, ils supposent le recours aux anti-inflammatoires dirigés contre les principaux médiateurs de la réaction déclenchée (Benakhla, 1999 ; Saidani, 2007). On peut faire appel à la phénylbutazone, à l'aspirine notamment. Ce traitement spécifique est complété par un traitement symptomatique. Les troubles parésiques vont nécessiter l'emploi de l'alphachymotrypsine en vue de dissoudre les lésions siégeant au niveau du rachis. Il faut, en outre, prendre la précaution de mettre les animaux souffrant de parésie sur un sol meuble et non glissant.

En conclusion, pour réduire les risques d'accidents post-thérapeutiques, il est sensé traiter les animaux avant l'arrivée des larves au rachis ou à l'œsophage et alors que les larves sont petites. En effet, plus les larves sont grosses, plus elles contiennent d'antigènes, et plus le risque d'accidents est majoré. C'est pourquoi la détermination du niveau d'infestation avant

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

l'instauration d'un plan de lutte, qui suppose un traitement préventif, est plus qu'indispensable.

1.9.2. Prophylaxie

1.9.2.1. Lutte contre les adultes

Actuellement, l'objectif le plus important est de développer des stratégies de maîtrise d'agents de myiases, d'améliorer les conduites d'élevages, en les intégrant de façon à répondre aux soucis environnementaux. Par conséquent, dans ces dernières années, des stratégies alternatives pour la lutte contre les myiases ont été étudiées entre autres la technique du lâcher des mâles stériles d'insectes, des méthodes biologiques et génétiques (Hall et Wall, 1995). Des méthodes biologiques ont été développées contre beaucoup d'agents de myiases d'humains et d'animaux (*Dermatobia .hominis*, *Oestrus ovis*, *Lucilia cuprina*, *Cephalopina titillator*) en employant des mycètes entomopathogènes, *Bacillus thuringiensis*.

En 1992, la technique du lâcher des mouches stériles irradiées a pu venir à bout de la lucilie bouchère du nouveau monde (due à *Cochlyomyia hominivorax*) introduite en Lybie ((Cunningham et *al.*, 1992). Cependant une telle technique est en butte à de nombreuses difficultés pratiques, surtout l'élevage des mouches, le coût des approches intégrées, l'application précoce d'insecticides de nature à réduire la population des mouches, restriction des mouvements d'animaux infestés ((Krafsur et *al.*, 1987).

En résumé, deux méthodes de lutte biologiques contre les adultes sont envisageables

- l'obtention d'adultes stériles par irradiation des pupes afin de saturer la population sauvage ;
- l'obtention d'attractifs sexuels couplés à des insecticides ou des substances chimiques stérilisantes

Mais de telles méthodes sont encore en épreuve (Otranto et Stevens, 2002).

1.9.2.2. Lutte contre les pupes

Là encore deux méthodes peuvent être citées pour mémoire :

- le recours à des poules et des dindons, qui s'attaquent à la phase libre du parasite
- l'emploi de cyanamide calcique

1.9.2.3. Lutte contre les larves

Deux possibilités s'offrent :

Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

- le traitement automnal (estival en Algérie) qui, réalisé de façon systématique pour tous les animaux, entre dans le cadre de l'éradication de cette parasitose ;
- le traitement du printemps qu'on pourrait qualifier de traitement de rattrapage, ou curatif. Mais avec ce traitement, les dégâts sont causés. Il demeure tout de même intéressant dans la mesure où il réduirait la population parasitaire de l'année prochaine.

Ces mesures de lutttes offensives sont efficaces, mais insuffisantes, et doivent alors s'accompagner de mesures défensives.

Pour la prophylaxie défensive, sont à citer :

1.9.2.4. Contrôle des entrées d'animaux

Il s'agit là d'une mesure d'ordre sanitaire. Elle consiste à s'assurer qu'un animal introduit dans une région est indemne d'hypodermose. Cela peut se faire pour toutes les maladies contagieuses. En fonction de l'époque d'introduction, il sera possible de se contenter d'une attestation de traitement automnal (estival pour le cas de l'Algérie), ou bien il faudra, par précaution, procéder au traitement adapté de l'animal.

1.9.2.5. Vaccination

Les méthodes de vaccination contre les arthropodes ont été en développement depuis un certain nombre d'années avec différents degrés de succès ; leur rôle protecteur contre des ectoparasites en général et contre les agents de myiases en particulier, est encore controversé puisqu'elles n'induisent pas le rapide effet de chute produit par les pesticides chimiques (Otranto et Stevens, 2002).

Les stratégies vaccinales sont cependant considérées comme un outil important si elles sont employées sur des générations successives de parasites (Pruett, 1999). Cet auteur assure qu'une vaccination à l'aide de l'hypodermine purifiée a donné des résultats probants. Cette vaccination restaurerait l'immunocompétence de l'animal. Toutefois, le protocole de vaccination reste encore très lourd, consistant en 4 injections, ce qui est contraignant pour une pratique courante, si bien que la prophylaxie défensive repose presque entièrement sur le contrôle de l'introduction des animaux (Danvy, 1988).

Ces dernières années, les stratégies de vaccination contre les myiases se sont focalisées sur deux types d'antigènes, les produits de sécrétions excréments du parasites (cas d'*Hypoderma*

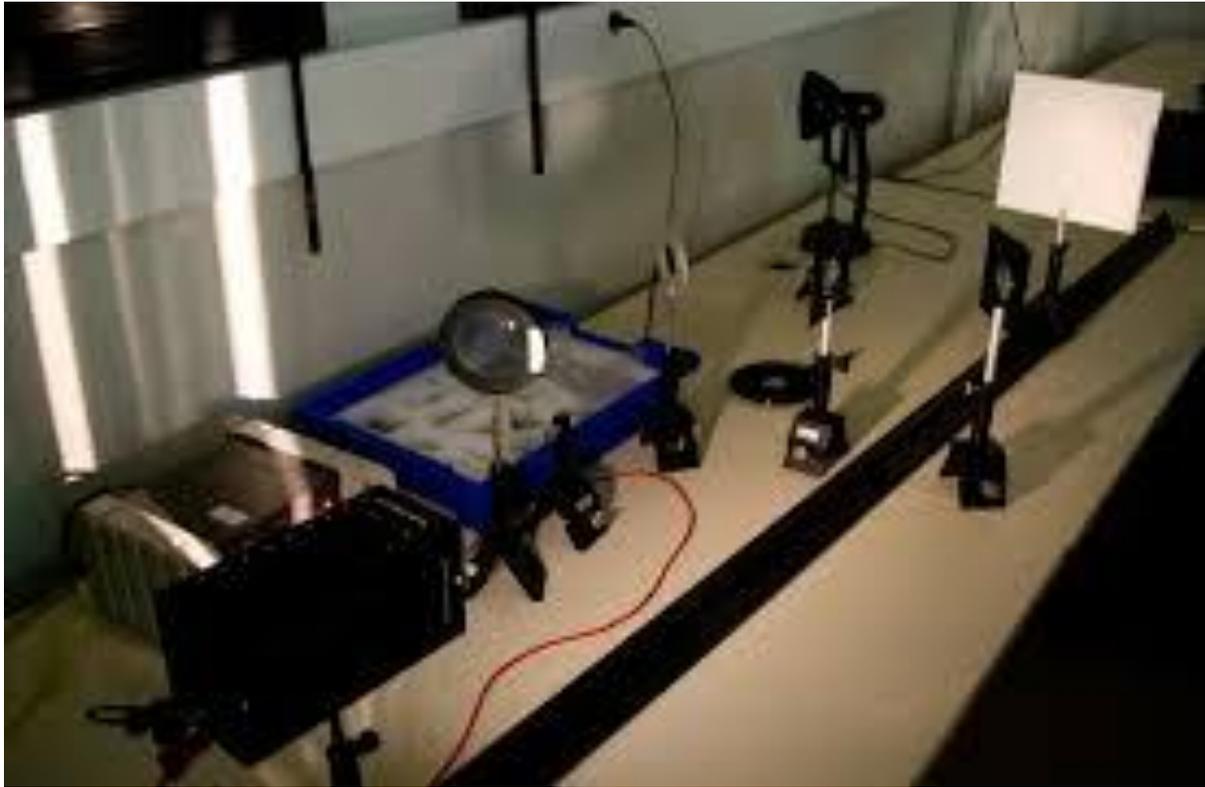
Synthèse bibliographique sur l'hypodermose bovine

spp.) ou les antigènes somatiques ou structuraux appelés aussi antigènes cachés (comme ceux de *Lucilia cuprina*) (Willadsen, 1997).

Dans le cas d'hypodermose bovine, les hypodermines A, le B et C sont impliquées dans un certain nombre de mécanismes immunologiques et sont donc des cibles logiques à utiliser comme vaccins. La caractérisation biochimique des hypodermines ouvre probablement une nouvelle ère relativement à la vaccination contre cette affection bien que le rôle protecteur de ces vaccins soit encore controversé (Otranto et Stevens, 2002).

Les progrès de l'immunologie parasitaire permettent d'espérer le développement à moyen terme de vaccins antiparasitaires. A partir des exemples de la fasciolose et de l'hypodermose, il est possible de nous interroger sur la place de tels outils prophylactiques parmi les diverses méthodes de lutte (chimiothérapie, mesures agronomiques.. .) contre les parasitoses du bétail. L'efficacité d'un vaccin antiparasitaire est généralement évaluée par la baisse d'intensité parasitaire ou, rarement, par la baisse de la prévalence de l'infestation chez les animaux vaccinés. Il apparaît douteux qu'un vaccin anti-Hypoderma soit utilisable dans le cadre d'une éradication de l'hypodermose, objectif en raison du niveau de performance vaccinale nécessaire. En revanche, un vaccin diminuant la prévalence de l'infestation par *Fasciola hepatica* présenterait un intérêt évident par rapport à la chimiothérapie, dans toutes les situations où les mesures agronomiques de prévention sont insuffisantes. Des informations complémentaires d'ordre économique et épidémiologique sont encore nécessaires pour pouvoir utiliser un vaccin diminuant l'intensité parasitaire ou diminuant la ponte des parasites (Chauvin et *al.*, 1996).

En conclusion, plus les connaissances sur l'hypodermose progressent, plus son éradication s'avère nécessaire soit pour des raisons économiques (manque à gagner, commerce international) soit en raison des pathologies qui s'en suivent (troubles parfois graves, immunodépression).



Partie Expérimentale



Matériel et méthodes

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Objectifs, région d'étude et échantillonnage

2.1.1. Objectifs

De nombreuses enquêtes sur l'incidence de l'infestation par les hypodermes ont été réalisées dans le nord est algérien par Benakhla et *al.* (1993, 1999), une étude a été réalisée à Bejaia par Saidani (2007) alors qu'aucune autre étude n'a été menée nulle part ailleurs en Algérie. C'est ainsi que nous avons pensé à réaliser une étude épidémiologique sur l'hypodermose bovine, une pathologie souvent négligée par nos éleveurs et même nos praticiens qui la considère comme un bon état d'engraissement puisque l'apparition des varons coïncide avec la saison de paturages.

L'objectif principal en est d'avoir une vue d'ensemble sur l'hypodermose bovine dans le nord centre Algérien.

Quant aux objectifs spécifiques, c'est de mettre en évidence les effets des principaux facteurs de risques et du climat sur l'infestation par les hypodermes, de caractériser le cycle chronobiologique du parasite en cause ainsi que d'estimer les pertes économiques.

2.1.2. Région d'étude

Les différentes études, s'étant déroulées de 2009 à 2015, et ont eu lieu dans sept (7) wilayat du Nord Centre Algérien, Bejaia, Tizi Ouzou, Bouira, Boumerdes, Bourdj Bou Arreridj, Ain Defla, Tissemsilt, dont quatre ayant servi aux prélèvements sanguins. Les facteurs de risque ont été explorés dans les sept wilayat précédemment citées. La chronobiologie de *Hypoderma spp.* a été déterminée dans la wilaya de Bejaia suite à des visites hebdomadaires effectuées de mars 2011 à février 2012 dans l'abattoir communal. A cet effet, les peaux, les œsophages ainsi que les carcasses d'un total de 483 bovins ont pu être inspectés à la recherche des différents stades des deux espèces d'*Hypoderma* (Oestridae). L'effet annuel a été étudié dans les wilayat de Tizi Ouzou et Bejaia. Alors que 837 bovins appartenant à quatre wilayat, Tizi Ouzou, Bouira, Boumerdes et Bourdj Bou Arreridj, ont servi à l'évaluation de la séroprévalence.

Quant à l'effet du climat, il a été évalué épidémiologiquement dans quatre wilayat, Bejaia, Tizi Ouzou (climat humide), Tissemsilt et Ain Defla (climat semi aride).

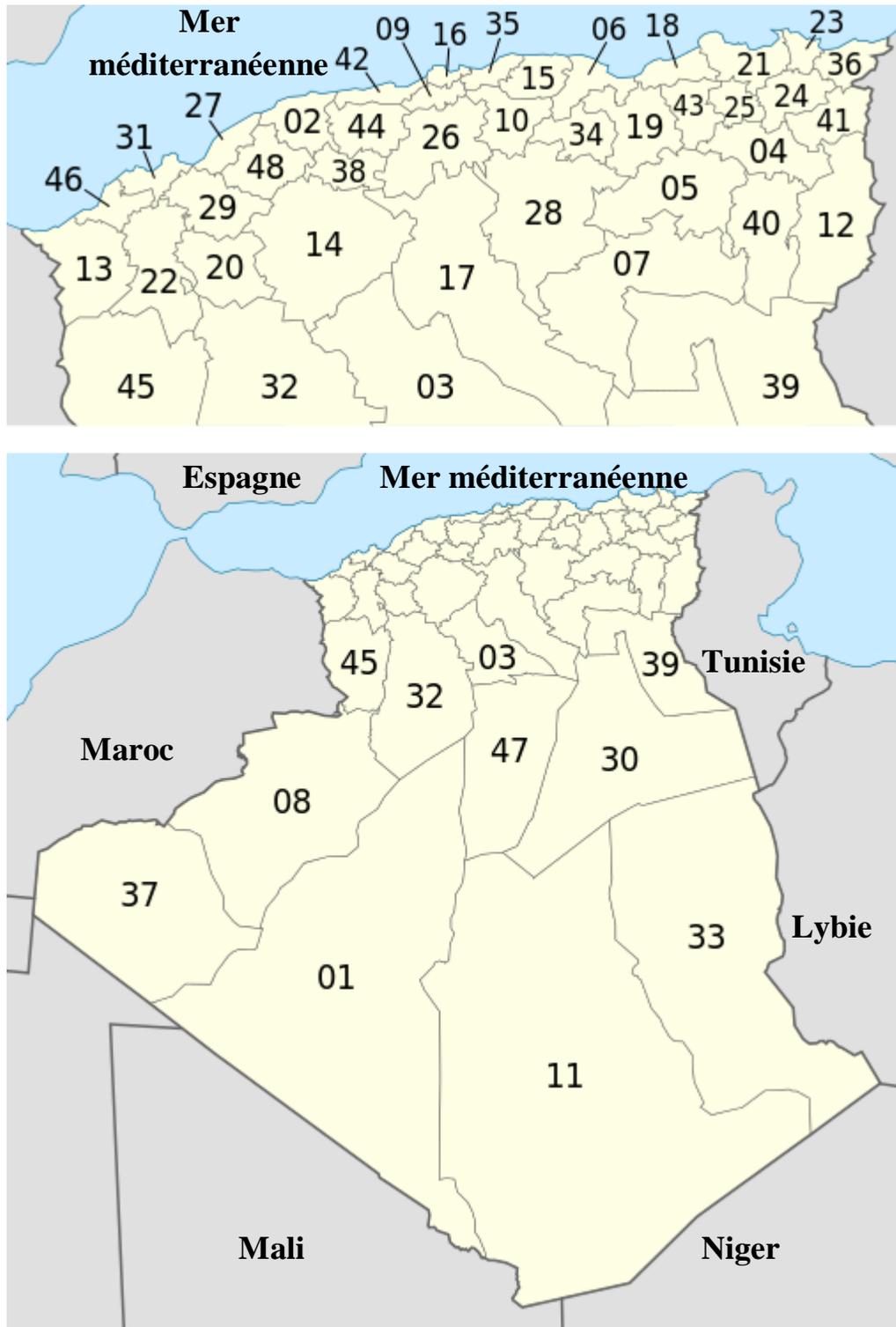


Figure 4 : Carte géographique modifiée montrant les wilayat d'échantillonnage 06 Bejaia, 10 Bouira, 15 Tizi Ouzou, 34 Bourdj Bou Arreridj, 35 Boumerdès, 38 Tissemsilt, 44 Ain Defla. Les wilayat ayant servi à l'étude sont indiqués par leurs codes respectifs sur la carte

2.1.2.1. Relief

En effet, l'Atlas tellien forme avec l'Atlas saharien, plus au sud, deux ensembles de relief parallèles se rapprochant en allant vers l'est, et entre lesquels s'intercalent de vastes plaines et hauts plateaux. Les deux Atlas tendent à se confondre dans l'est de l'Algérie. Vers l'intérieur de l'est algérien les vastes chaînes montagneuses des (Aurès) (Batna, Khenchela, Oum-El-Bouaghi, Aïn M'lila, Souk Ahras, Guelma, Biskra, etc.) et de la Nememcha (Tebessa) occupent la totalité de l'est algérien et elles sont délimitées par la frontière tunisienne. Les Aurès occupent une surface 50 000 km². Le point le plus culminant est le mont Chélia 2 328 mètres d'altitude. La bande du Tell, large de 80 km à 190 km, s'étend sur près de 1 200 km de côte méditerranéenne. Elle est formée de chaînes de montagnes (l'Ouarsenis, le Chenoua, le Djurdjura, les Babors et les Bibans...) longeant le littoral et souvent séparées par des vallées, riches par leur flore et leur faune, abritant des cours d'eau comme la vallée du Chelif ou la vallée de la Soummam. Le mont Lalla-Khadîdja, en Kabylie où les montagnes sont recouvertes de neige en hiver, en est le point culminant et s'élève à 2 308 mètres d'altitude. Les plaines du Tell abritent avec les vallées adjacentes la grande majorité des terres fertiles du pays.

Entre les massifs de Tell et l'Atlas saharien, un grand ensemble de plaines et de hauts plateaux semi-arides sont creusés par de nombreuses étendues d'eau salée, les chotts, asséchées en fonction des saisons. Le point le plus bas d'Algérie, atteint au Chott Melrhir, descend à -40 m. L'ensemble court depuis les frontières marocaines à l'Ouest jusque dans la vallée du Hodna dont les monts relient parfois les Atlas tellien et saharien. L'Atlas saharien, relie le Haut Atlas marocain jusqu'à la frontière tunisienne en passant, d'Ouest en Est, par les massifs du Ksour, Djebel Amour, des Ouled-Naïl, des Zibans et les monts Hodna, qui rejoint la bande du Tell, et continue dans les Aurès culminant à plus de 2 300 m. Il est limité au sud par plusieurs oasis constituant ce qui est souvent appelé « *La porte du désert* ». La partie saharienne qui couvre plus de 80 % de la superficie de l'Algérie soit environ 2 millions de km², est constitué principalement de regs, d'ergs, d'oasis et de massif montagneux (Wikipédia, 2015).

2.1.2.2. Température

Les températures sont variables entre le jour et la nuit dans le Sahara au Sud. Le thermomètre indique des variables entre 40 °C le jour et 5 °C la nuit. Par contre, le Nord a un climat méditerranéen. En été, les températures sont élevées. Les températures moyennes estivales et hivernales se situent entre 25 °C et 11 °C. Au nord, dans les villes côtières, les

Matériel et Méthodes

températures hivernales varient entre 8 °C et 15 °C. Elles grimpent à 25 °C au mois de mai pour atteindre une moyenne de 28 °C à 30 °C en juillet et août (28 °C à Skikda, 29,5 °C à Alger). Toujours au Nord, dans les montagnes de Kabylie, la température avoisine les 3 °C voire -7 °C en hiver. La neige y est fréquente en hiver.

La région de la Kabylie comporte plusieurs zones climatiques. Le littoral et la Kabylie maritime sont de climat méditerranéen. L'hiver y est plutôt doux comparé au reste de la région, avec une température de 15 °C en moyenne. La période estivale, rafraîchie par les vents marins, présente une température moyenne de 35 °C environ. Sur les hauteurs le climat est beaucoup plus rude, avec parfois des températures au-dessous de zéro et une neige abondante l'hiver ; et des étés très chauds, très secs, notamment vers le sud où la pluviométrie est moindre. Cependant dans les parties les plus hautes, la température estivale est modérée par l'altitude. Sur les plateaux et dans les vallées intérieures, l'hiver est sensiblement identique à celui des hauteurs. Mais en été, du fait de l'enclavement et de l'exposition aux vents du sud, les températures sont particulièrement élevées : c'est le cas à Medjana, sur les Hauts-Plateaux, comme à Akbou, dans la vallée de la Soummam, couloir idéal pour le passage du sirocco. Dans la ville de Tizi Ouzou la température peut atteindre les 46 °C quand elle est de 35 °C à Dellys. Au centre et à l'ouest, dans les Hauts-plateaux de la région de Djelfa, la température estivale varie de 30 °C à 38 °C. Dans l'est, la zone des Aurès, les hivers sont très froids, la température atteint parfois les -18 °C sans facteur humidex. Les étés sont très chauds.

Le baromètre affiche parfois 50 °C à l'ombre. Les variations de température sont très importantes dans cette région du monde. La température estivale varie de 30 °C à 38 °C. Le nord ouest, comme Oran, Tlemcen, Mostaganem, etc., bénéficie d'un climat méditerranéen classique marqué par une sécheresse estivale, des hivers doux, un ciel lumineux et dégagé. Quant au sud, dans le Sahara, la température est de 15 à 28 °C en hiver, pour atteindre 40 à 45 °C, voire plus en été (Wikipédia, 2015).

2.1.2.3. Précipitations

Le Tell, au nord du pays, possède un climat méditerranéen, les étés sont chauds et secs et les hivers sont doux et pluvieux et parfois enneigé. Cette zone est la plus humide d'Algérie, elle est caractérisée par des précipitations annuelles qui varient entre 400 et 1 000 mm.

La Kabylie bénéficie d'une pluviométrie relativement abondante qui a facilité le développement d'une agriculture typique.

Matériel et Méthodes

Une ligne de crête qui traverse la région en joignant l'Atlas blidéen, le Djurdjura, les Babors, le massif de Collo et l'Edough, sépare une zone nord très pluvieuse (plus de 800 mm de précipitations par an) et une zone sud moins arrosée. Cette différence de pluviosité aurait eu pour conséquence une végétation naturelle plus ou moins dense : aux versants nord, initialement couverts d'une forêt peu hospitalière, devenus plus tard terres de vergers, s'opposeraient ainsi des versants sud plus facilement et sans doute plus précocement peuplés, car plus immédiatement propices à la culture et à l'élevage..

Dans les Aurès, la quantité de pluie indique 100 mm de moyenne annuelle. Cependant, des pluies diluviennes sont constatées dans les Aurès. Les dégâts causés par des crues peuvent être considérables surtout dans la Wilaya de Batna.

Au nord ouest de l'Algérie, pendant les mois d'été, les précipitations deviennent rares voire inexistantes, et le ciel est lumineux et dégagé. L'anticyclone subtropical recouvre la région Oranaise pendant près de quatre mois. En revanche la région est bien arrosée pendant l'hiver. Les faibles précipitations (294 mm de pluie) et leur fréquence 72 9 jours par an) sont aussi caractéristiques de ce climat.

Les régions du Sahara sont caractérisées par un climat aride et sec. Au nord, la quantité de pluie indique 100 mm de moyenne annuelle et au sud, elle est de 20 mm. Dans les régions côtières, la moyenne annuelle est 200 mm. Cependant, des pluies diluviennes sont constatées en Algérie dans plusieurs villes. Les dégâts sont considérables. En 2008, la ville de Ghardaïa, qui fait partie du patrimoine mondial, a été inondée par une grande quantité de pluie diluvienne. Les précipitations annuelles enregistrées dans les Hauts-Plateaux et dans l'Atlas saharien ne dépassent pas la quantité 200 à 400 mm de pluie. Mais, la hauteur des pluies annuelles est souvent inférieure à (130 mm dans l'ensemble du Sahara algérien ((Wikipédia, 2015).

2.1.3. Echantillonnage

Etant dans l'impossibilité d'étudier tout le cheptel bovin du nord Algérien, un échantillonnage s'est donc imposé de lui-même. Même si étudier toute la population donnerait des estimations exactes, ce serait trop coûteux en temps et en main-d'œuvre (Carrat et *al.*, 2013). Il existe, en fait, deux méthodes d'échantillonnage, l'échantillonnage probabiliste et le non-probabiliste (Singpurwalla, 2013). En matière de statistique inductive, seule la première méthode permet d'extrapoler, c'est-à-dire d'assigner, par exemple, un intervalle de confiance à la prévalence de l'hypodermose bovine. Plus simplement, l'échantillonnage probabiliste permet d'estimer, moyennant une marge d'erreur acceptable,

Matériel et Méthodes

des paramètres sur la population (ici le cheptel bovin du nord Algérien) à partir de ceux évalués sur l'échantillon.

Pour toutes nos études, exception faite de celle portant sur la chronobiologie du genre *Hypoderma*, où la méthode non-probabiliste était seule possible, il nous a paru préférable de faire appel à l'échantillonnage probabiliste, où tous les bovins ont la même chance d'être inclus dans l'enquête.

Il a été recouru à l'échantillonnage aléatoire stratifié (les wilayat sont des strates émanant du découpage administratif) en grappe, les 7 wilayat ont été prises au hasard. Pour une wilaya donnée, les bovins à inspecter ou à prélever ont été tirés au sort, sinon l'échantillon ne serait pas représentatif.

En résumé, dans une étude préliminaire en 2009 sur les facteurs de risque, 3442 bovins au marché à bestiaux de Sidi Aich wilaya de Bejaia ainsi que 226 de 5 exploitations bovines de la même wilaya ont été examinés. 1635 bovins appartenant à quatre wilayat, Bejaia, Tizi Ouzou, Ain Defla et Tissemsilt ont été pris au hasard pour explorer l'effet des conditions environnementales et autres facteurs de risque, extrinsèques et intrinsèques sur aussi bien la prévalence que l'intensité d'infestation par les hypodermes. 976 bovins de différents élevages des wilayat de Bejaia et Tizi Ouzou, tirée également au hasard, ont servi à l'étude de l'effet annuel associé à l'hypodermose bovine durant trois ans à savoir de 2012 à 2015. Il est à préciser que ce sont les mêmes animaux qui ont été suivis mensuellement durant trois ans. A l'abattoir communal de Bejaia, 483 bovins abattus durant nos visites hebdomadaires (de mars 2011 à février 2012) ont permis de déterminer la chronobiologie des hypodermes. Comme cela a été déjà précisé, l'échantillonnage n'a pas été probabiliste (ou représentatif) du moins pour deux raisons. Premièrement, les bovins abattus sont dans leur majorité des mâles d'un certain âge ayant été élevés dans un système intensif. Deuxièmement, ce sont presque toujours les mêmes clients qui amènent leurs animaux à abattre, l'échantillon est bel et bien biaisé du fait que les bovins n'ont pas la même probabilité d'être abattus dans l'abattoir communal de Béjaia. Pour l'étude sérologique, de mai à juillet 2014, 837 bovins ont été prélevés aléatoirement, dans 4 wilayat du nord centre algérien : Tizi, Bouira, Boumerdes et Bourdj Bou Arreridj. En aucun cas, l'échantillonnage n'a concerné le sud Algérien du fait que le cheptel bovin est concentré dans le nord au même titre que la population humaine. En outre le climat désertique ne permet pas le développement du genre *Hypoderma* (Saidani et *al.*, 2016).

2.2. Elevage bovin, races bovines et détermination de l'âge des bovins

Pour étudier plusieurs aspects de l'hypodermose bovine dans le nord Algérien, on a souvent été menés à tenir en compte, simultanément, plusieurs paramètres, entre autres la typologie des élevages bovins, les différentes races bovines, les systèmes d'élevage pratiqués et l'âge des animaux objets d'étude. Ce qui suit donne une idée ou une vue d'ensemble sur les différents facteurs suscités.

Avec un effectif bovin total d'environ 1 514 000 têtes (MADR, 2009), cet élevage joue un rôle important dans l'économie agricole algérienne. Il contribue à 30% à la couverture des besoins nationaux en protéines animales mais aussi à la création d'emplois en milieu rural. Le bovin local appartiendrait à un seul groupe dénommé la Brune de l'Atlas, dont l'ancêtre serait le *Bos mauritanicus* ; cette race a subi des modifications suivant le milieu dans lequel elle vit et a donné naissance à des rameaux tels que la Guelmoise, la Cheurfa, la Sétifiene et la Chélifienne (Yakhlef et *al.*, 2002). Le bovin local, estimé à 336 003 vaches laitières en 2008 (MADR, 2009), est connu pour sa rusticité, en résistant à des conditions climatiques difficiles, en s'alimentant avec des aliments médiocres, ce qui fait qu'il est peu productif : 3 à 4 litres par jour pendant 6 mois, soit en moyenne 595 kg par lactation (Yakhlef et *al.*, 2002). Sa faible production de lait fait que cette dernière est surtout destinée à l'alimentation des jeunes animaux. De ce fait, c'est une population qui est beaucoup plus orientée vers la production de viande.

Le Bovin importé dit bovin laitier moderne « BLM » Hautement productif, il est conduit en intensif, dans les zones à fort potentiel de production fourragère, au niveau des plaines et des périmètres irrigués autour des villes, avec 223 163 vaches laitières (MADR, 2008). Il est introduit principalement à partir d'Europe et comprend essentiellement les races Holstein, Frisonne Pie Noire, Montbéliarde, Pie Rouge de l'Est, et Tarentaise. Ce cheptel représente 10 % de l'effectif bovin national et assure près de 40% de la production totale de lait de vache ; il est détenu pour sa majorité par le secteur public et spécialisé principalement dans la production laitière (Bencharif, 2001). Le Bovin Laitier Amélioré « BLA » : C'est un ensemble constitué de croisements (non contrôlés) entre la race locale « Brune de l'Atlas » et des races introduites ; localisé dans les collines et les zones de montagne, il est pratiqué par le secteur privé assurant 40% de la production nationale (Bencharif, 2001). Actuellement son nombre est estimé à 320 546 têtes de vaches laitières (MADR, 2008), son alimentation est constituée par le pâturage d'herbe de prairies avec un complément de paille. Selon les disponibilités en facteurs de production, la conduite des animaux, les niveaux d'utilisation des intrants, la

Matériel et Méthodes

localisation géographique et les objectifs de production, plusieurs modes ou systèmes d'élevage bovins existent.



Photo 8 : Bovin laitier amélioré en système intensif, Tizi Ouzou (originale, 2015)

L'intensification est généralement liée à la disponibilité en facteurs de production et au type de matériel animal exploité, mais reste largement indépendante des niveaux de production. On distingue : i) un système « intensif » se localisant dans les zones à fort potentiel d'irrigation et autour des grandes villes. Ce système exploite des troupeaux de vaches importées à fort potentiel de production et assure plus de 40% de la production totale locale du lait, ii) un système « extensif » qui concerne les ateliers localisés dans les zones forestières de montagne et les hautes plaines céréalières ; la taille des troupeaux y est réduite.

Matériel et Méthodes

Les troupeaux bovins exploités peuvent appartenir à de multiples populations composées de femelles issues de vaches importées, de populations issues de croisements ou de populations locales pures. La spécialisation en élevage bovin dans le contexte algérien est peu pratiquée et la production mixte (lait – viande) domine les systèmes de production. Cette diversité des produits bovins favorise la diversité des revenus et par conséquent la durabilité des systèmes de production. A l'exception des ateliers engraisseurs pratiquant uniquement la finition des taurillons, la majorité des systèmes est mixte. Entre les deux systèmes, il y a un système intermédiaire appelé semi-extensif surtout bien adapté pour la production laitière où les vaches sont rentrées pour la traite du soir ou de midi.



Photo 9 : Elevage bovin en semi extensif (Original, 2015)

En situation algérienne, le bovin est exploité dans les régions favorables (plaines telliennes) mais aussi en situations déficitaires en pluviométrie et en ressources alimentaires (hautes plaines, piémonts et montagnes). L'élevage bovin de plaine se caractérise par la

Matériel et Méthodes

dominance des populations importées exploitées en hors sol ou en système intensif basé sur des cultures de fourrages conduites en irrigué. Le rendement laitier par lactation peut atteindre selon l'ITELV (2000) en moyenne 4000 litres. Dans les hauts plateaux, l'élevage bovin est toujours associé à la céréaliculture où les jachères et les chaumes sont utilisés en pâturage et les céréales, orge en particulier, comme concentré. Le bovin dans cette situation est exploité pour son lait et sa viande et le matériel animal utilisé est généralement de race importée pure, ou, plus rarement croisée avec la locale. En zones de montagne, les éleveurs exploitent des populations locales conduites en système allaitant. Le mode d'élevage de ces troupeaux selon Yakhlef (1989) est assez bien adapté au milieu qui impose de longues périodes de pâturage en forêt loin des villages. Ce système contribue à la production de viande alors que le lait est autoconsommé ou utilisé pour l'allaitement des veaux mais rarement vendu.

En définitive, A coté d'un élevage relativement intensif limité à certaines zones du littoral, l'élevage bovin laitier reste en grande partie conduit en extensif et demeure peu productif, ce qui explique sa faible contribution au fonctionnement de l'industrie laitière et qu'il n'arrive à couvrir qu'environ 40% des besoins en lait et dérivés d'où une industrie qui fonctionne essentiellement sur la base de matières premières importées. En Algérie, du moins dans le cas des wilayat où ont été menées nos enquêtes, la composition du cheptel a fortement évolué avec l'introduction des races Pie-Noire, Pie Rouge et Tarentaise. Les croisements souvent anarchiques et l'insémination artificielle à base de semences importées ont fortement réduit la sauvegarde de la race locale. Aussi, suite aux programmes laitiers initiés et en l'absence de programmes d'envergure de gestion et de conservation et d'amélioration des ressources génétiques locales, la race locale régresse de façon nette mais reste dominante.

A l'instar des wilayat du Nord Est Algérien telles que Jijel, Sétif et El Tarf (Titi, 2013), la taille des exploitations dépasse rarement 20 têtes, le système extensif étant le plus répandu.

L'un des facteurs de risque de l'hypodermose est bien l'âge des animaux. C'est pourquoi, lorsque l'âge du bovin n'est pas inscrit, il faudrait le déterminer, selon le cas ou plus précisément le lieu d'étude, soit lors du prélèvement sanguin, soit dans les exploitations, soit enfin au niveau de l'abattoir.

Les jeunes animaux ont une denture provisoire (dents de lait) qui sera remplacée par une denture permanente. Les jeunes ruminants ont 20 dents provisoires, les ruminants adultes ont 32 dents permanentes (Tableau 1).

Matériel et Méthodes

Tableau 1 : Dentition provisoire et permanente d'un Ruminant

Dents provisoires (dents de lait):		
Mâchoire du haut:	pas d'incisive	6 molaires
Mâchoire du bas:	8 incisives	6 molaires
Dents permanentes:		
Mâchoire du haut:	pas d'incisive	12 molaires
Mâchoire du bas:	8 incisives	12 molaires

Il n'est pas superflu de dire que l'on ne peut déterminer l'âge exact de l'animal d'après sa denture (Tableau 2) ; il y aura un écart de quelques mois en plus ou en moins.

Le tableau 2 : Age approximatif du bovin selon les dents permanentes

Bovin âgé de moins de deux ans	Aucune dent permanente
Bovin âgé de deux ans et trois (3) mois	Deux (2) dents permanentes
Bovin âgé de trois (3) ans	Quatre (4) dents permanentes
Bovin âgé de trois (3) ans et six mois	Six (6) dents permanentes
Bovin âgé de quatre (4) ans	Huit (8) dents permanentes
Bovin âgé de quatre (4) ans et six mois	Incisives du coin ou incisives latérales remplacées
Bovin âgé de cinq (5) ans	Incisives du coin complètement développées
Après six (6) ans	L'arc dentaire commence à perdre son contour rond et cela s'accroît avec l'âge.

2.3. Collecte des larves *Hypoderma* spp. et leur identification

Pour le matériel nécessaire, il faut disposer :

- d'un bistouri pour prélever les larves cutanées ;
- de flacons remplis d'alcool à 70% portant une étiquette pour y inscrire les renseignements concernant l'animal d'où proviennent les larves ;

Matériel et Méthodes

- de lames de bistouri pour extraire les larves L1 *d'H lineatum* de la sous-muqueuse œsophagienne ;
- de tubes « Eppendorf » pour conserver les larves œsophagiennes du stade 1 ;
- du papier buvard pour sécher les larves L1 et du papier millimétré pour les mesurer ;
- de sacs en plastic où mettre les œsophages prélevés ;
- de loupe binoculaire pour l'identification ultérieure des larves ;
- des boîtes de Pétri et d'une pince.

La recherche des larves au stade varon au niveau de l'abattoir s'est faite par examen de la face interne de la peau de l'animal sacrifié. La peau est étalée par terre pour mettre en évidence la face interne dans toute son étendue. On procède d'abord à l'examen visuel, mais dès qu'on repère un nodule, on l'ouvre minutieusement pour extraire les larves. On les compte et on les met dans le flacon prévu à cet effet. On parle de phase cutanée.

Pour la phase œsophagienne, c'est-à-dire pour la recherche des larves L1 *d'H lineatum*, on procède comme suit. L'œsophage est détaché des autres organes qui l'entourent dans sa quasi-totalité. Avec la permission du boucher, ce viscère est enlevé et mis dans un sachet en plastic en vue d'un examen ultérieur. Sinon, il est examiné sur place en commençant par la musculature. Puis celle-ci est retournée. Les larves sont facilement mises en évidence lorsque l'on applique une légère pression sur l'organe. En effet, ces larves sont de forme allongée, de la taille d'un grain de riz mais pouvant atteindre 18 mm (Benakhla, 1994), striée transversalement. La larve une fois repérée, on pratique une incision en vue de l'extraire par simple pression. Elle est séchée par le papier buvard puis mesurée par le papier millimétré. L'identification des larves est réalisée au moyen d'une loupe binoculaire.

L'identification des larves d'hypodermes est faite grâce à la clé de détermination de James (1947). En résumé, le stade L1 se distingue par la présence d'un squelette céphalopharingien (figure 5). Si les pièces buccales ont une partie antérieure pointue et non divisée, il s'agit *d'H. lineatum*, si, par contre, la partie antérieure est divisée en 2 lobes émoussés, il s'agit *d'H. bovis*. Le stade L2 se caractérise par l'absence dudit squelette. Pour différencier les 2 espèces, on s'intéresse aux plaques stigmatiques postérieures : les plaques *d'H. lineatum* sont à orifices oranges ou brun clair, les disques (18 à 25) sont séparés ou légèrement associés ; celles *d'H. bovis* sont à orifices bruns ou noirs, les disques (29 à 40) sont serrés. Les plaques stigmatiques des L3 sont criblées de plus de 40 orifices stigmatiques (figure 6). Lorsque le 10^e segment de la larve L3 est pourvu, ventralement et en région postérieure, de spicules et que les plaques stigmatiques sont peu incurvées en leur centre, il s'agit *d'H. lineatum*. Par contre,

Matériel et Méthodes

le 10^e segment d'*H. bovis* est complètement nu, les plaques stigmatiques étant très incurvées en leur centre (figure 5, page 57).

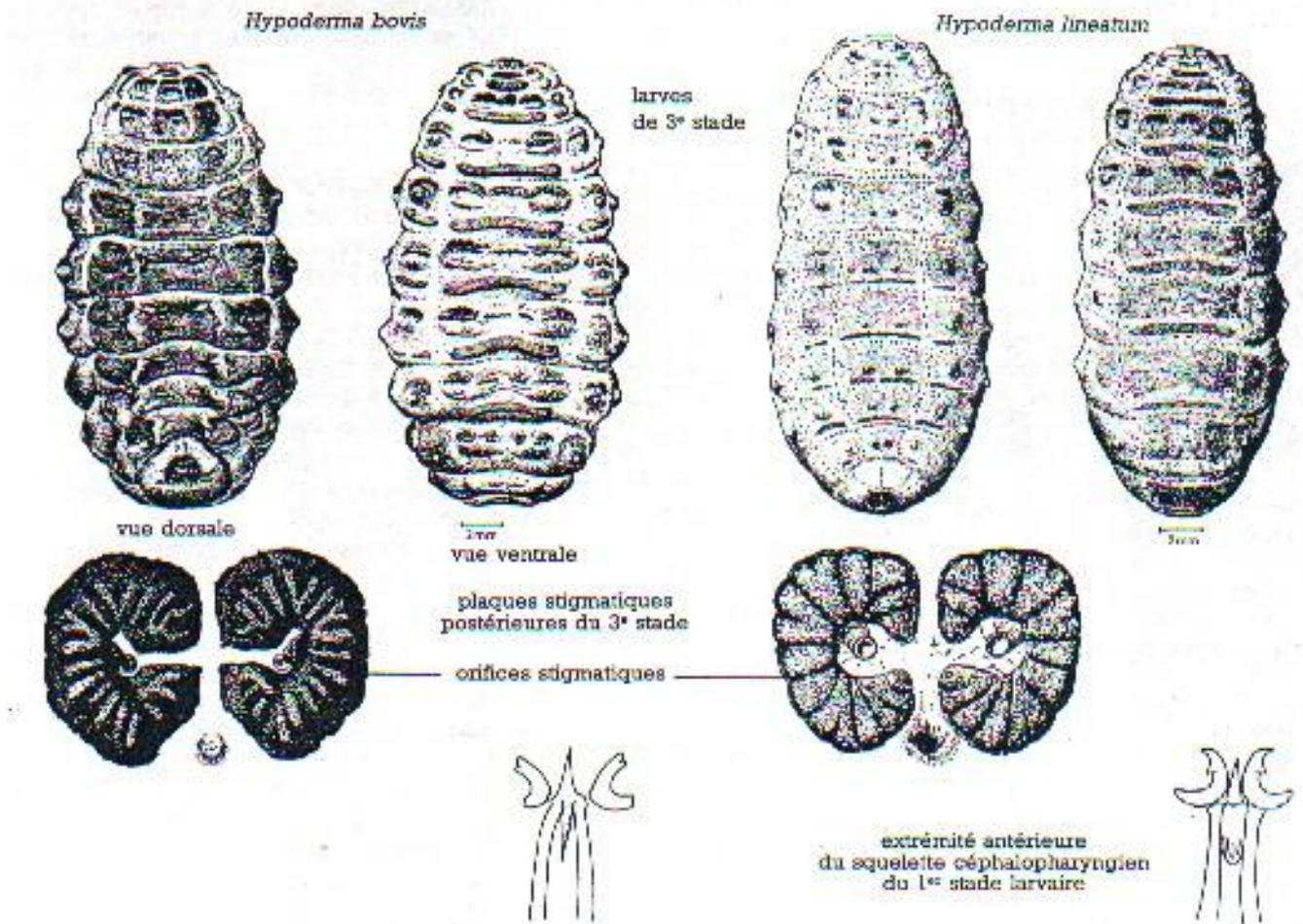


Figure 5 : Identification morphologique des larves des deux espèces d'Hypoderma

Le comptage au niveau des exploitations bovines se fait par l'examen de la région dorsolombaire de l'animal. L'identification des larves naturellement émergées est réalisée au moyen d'une loupe binoculaire (Saidani, 2007).



Photo 10 : Comptage de nodules par examen visuel et palpation de la région dorsolombaire (originale 2014)

2.4. Technique de prélèvement sanguin et conservation des sérums

Le matériel nécessaire au prélèvement sanguin est peu important, peu coûteux et aisément disponible. Le praticien peut utiliser une simple seringue sèche avec une aiguille. Dans ce cas il faut bien vérifier que la seringue et l'aiguille ne comportent aucune trace d'humidité, la présence d'eau provoquant une hémolyse et faussant ainsi les résultats des différents tests hématologiques (Larkin, 1984). Mais chez les grands animaux le matériel le plus utilisé est constitué d'un tube sous vide (Vacutainer ND), d'un porte tube et d'une aiguille adaptée, en général d'un diamètre de 18 à 20 gauges (Larkin, 1984 ; Schalm et al, 2000). Ce matériel est aisé d'utilisation et limite les risques de contamination (l'aiguille).

Le type de tube est ensuite choisi en fonction des analyses à réaliser. Il existe en effet différents types de tubes, avec ou sans anticoagulant. Dans le cas des analyses utilisées en hématologie, l'anticoagulant est indispensable. Cet anticoagulant peut être de l'héparine, de l'acide éthylènediamine tétra acétique (EDTA) ou du citrate de sodium. L'héparine rend les érythrocytes plus sensibles à l'hémolyse, elle est donc déconseillée lors de réalisation d'hémogramme ou de frottis. L'EDTA est l'anticoagulant préféré pour ces utilisations, et est également utilisable lors de numération plaquettaire (Larkin, 1986 ; McGavin et Smith, 1973). Le citrate de sodium sera utilisé pour les tests de la fonction hémostatique (Schalm et al, 2000) et l'étude des plaquettes. Il existe plusieurs sites de ponction veineuse facilement accessibles chez les bovins. Le site préférentiel est la veine jugulaire, de part son accessibilité et sa taille importante (Schalm et al., 2000). L'inconvénient de ce site de ponction est la nécessité d'une bonne contention. Chez les bovins ou la contention est plus difficile, le praticien pourra utiliser la veine et l'artère coccygienne. La ponction de ces vaisseaux est aisée, mais on aura un mélange de sang artériel et veineux. Cependant ce mélange n'a que peu de répercussions sur les paramètres hématologiques par rapport à un prélèvement au niveau de la veine jugulaire (Parker et Blowey, 1974). Ce site de ponction est toutefois déconseillé si un test de la fonction hémostatique est envisagé, car le risque de contamination par des fluides tissulaires est élevée et fausserait les résultats des analyses (Schalm et al, 2000). Enfin chez la femelle, la veine mammaire est également accessible, mais il existe un risque important d'hématome qui conduira à préférer les autres sites si c'est possible, en particulier chez la femelle laitière. De plus, la ponction à ce niveau met le praticien en position risquée, la contention devant être particulièrement bien réalisée (Schalm et al, 2000). Un dernier site de ponction est l'oreille. Ce site est plus rarement utilisé, et peut servir lors de la réalisation d'un

Matériel et Méthodes

frottis sanguin, si celui-ci est fait immédiatement (McGavin et Smith, 1973). Au niveau de la veine jugulaire, on exercera d'abord une compression avec une main proximale au site de ponction. Puis l'aiguille est insérée d'abord perpendiculairement à l'animal afin de percer la peau, puis inclinée selon un angle d'environ 30 degrés lors de la pénétration de la veine. Si une seringue est utilisée, le piston est alors tiré afin de créer une dépression et le sang recueilli jusqu'au volume souhaité (au moins 2 ml, en général 5ml). Si le système vacutainer est utilisé, l'aiguille est enfoncée dans le bouchon du tube jusqu'à le percer, et le sang est recueilli jusqu'au volume souhaité (Larkin, 1984 ; Rosenberger, 1979). Si le prélèvement se fait au niveau de la queue, celle-ci est relevée d'une main à la verticale, dans l'axe de l'animal. De l'autre main l'aiguille est enfoncée perpendiculairement à la peau, au niveau de la base de la queue (de préférence entre la 6^{ème} et la 7^{ème} vertèbre caudales) (Schalm et al, 2000). La ponction peut se faire entre 2 vertèbres ou au niveau d'une vertèbre. Au niveau d'une vertèbre, il existe un risque qu'un arc hémal osseux soit formé, empêchant le prélèvement. Entre 2 vertèbres la veine et l'artère sont plus profondes, et on risque de les traverser et de buter sur le cartilage. Puis le sang est prélevé de la même façon que lors d'un prélèvement à la veine jugulaire.

Le volume de sang classiquement prélevé est de 2ml au minimum, et 5ml en général. Lors de l'utilisation d'un vacutainer, celui-ci peut être rempli au maximum sans danger (Schalm et al, 2000). Dans notre cas, des tubes à vide de 5ml ont été utilisés.

Si on ne dispose pas de centrifugeuse, il suffit de laisser les tubes au froid non congelés. Après un à deux jours, le sérum se sépare, et on pourra le récupérer et le mettre dans des tubes Eppendorf, qui seront congelés à -18° C jusqu'au jour de leur utilisation.

2.5. Protocole d'ELISA indirect

C'est bien le protocole du laboratoire de parasitologie et des maladies parasitaires de la faculté vétérinaire, c'est celui de Panadero et al. (2007) légèrement modifié. C'est dans ce laboratoire qu'ont été réalisés tous les tests sérologiques.

La veille du test ELISA indirect, des microplaques (Thermo Scientific) ont été sensibilisées par dépôt de 100 µl de solution antigénique, extrait total des larves du premier stade d'*Hypoderma lineatum* obtenues de l'abattoir. L'antigène a été ajouté à la concentration de 5.5 µg/ml, dilué en tampon phosphate salin (PBS, pH 7.5) et incubé à 37°C pour 30 min en agitation.

Matériel et Méthodes

Le lendemain, les plaques sont retirées et soumises à 4 lavages manuels au tampon PSB-tween 20 à 0,2 % puis tapotées sur du papier adsorbant. Ceci fait, les sites de fixation non spécifiques sont saturés pour 30 minutes par 200 μ l par puits d'une solution de PBS à 0,2% contenant 0.2% de Tween-20 (PBS-T) et 1% de lait écrémé en poudre. Les sérums étaient testés en double à 110. Des sérums contrôle positifs et négatifs ont été utilisés pour chaque plaque. Juste après l'ajout des sérums, les plaques sont incubées pour une heure à 37 °C.

Après lavage de la plaque, l'immunoconjugué ((Horseradish peroxidase rabbit antibovine IgG (H + L); Bio Rad Laboratories) a été immunoconjugué à une concentration de 1:800 en dilution en tampon PBS-Tween et incubés pour une demi-heure à 37°C. Finalement, la réaction a été révélée avec des comprimés de *O*-phénylenediamine (SigmaFast OPD tablets; Sigma-Aldrich) et arrêtée par ajout de 100 μ l d'acide sulfurique normalité 3 (H₂SO₄ 3N).



Photo 11 : Plaque ELISA après Révélation, notons la coloration de même intensité pour des puits limitrophes (originale 2015)

Après 2-5 min l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde 492 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (680XR; Bio-Rad Laboratories).



Photo 12 : Spectrophotomètre (Originale 2015)

La valeur-seuil (cut-off en anglais) a été déterminée au moyen de l'analyse de la caractéristique de fonctionnement du récepteur (ROC) sur des sérums à partir de pool de référence positive et négative. Les sérums contrôle positif (n=27) sont venus de bovins naturellement infestés ayant présenté des varons palpables et les sérums contrôle négatif (n=51) de bovin sans aucune exposition antérieure à *Hypoderma*. aDes niveaux de la sensibilité contre spécificité ont été tracés à chaque point de coupure sur une courbe de ROC (Zou *et al.*, 2007).. Le secteur sous la courbe de ROC est une mesure globale simple et bien convenable de fiabilité du test diagnostique. Dans cette étude, la combinaison optimale de la sensibilité et de la spécificité a été déterminée comme 92.3% et 94.1%, respectivement, pour une valeur-seuil d'absorption de 0.740 (figure 6). Plus simplement, tous les sérums dont la densité optique est supérieure ou égale à 0.740 ont déclarés positifs vis-à-vis de l'hypodermose bovine, le reste a été considérés négatifs.

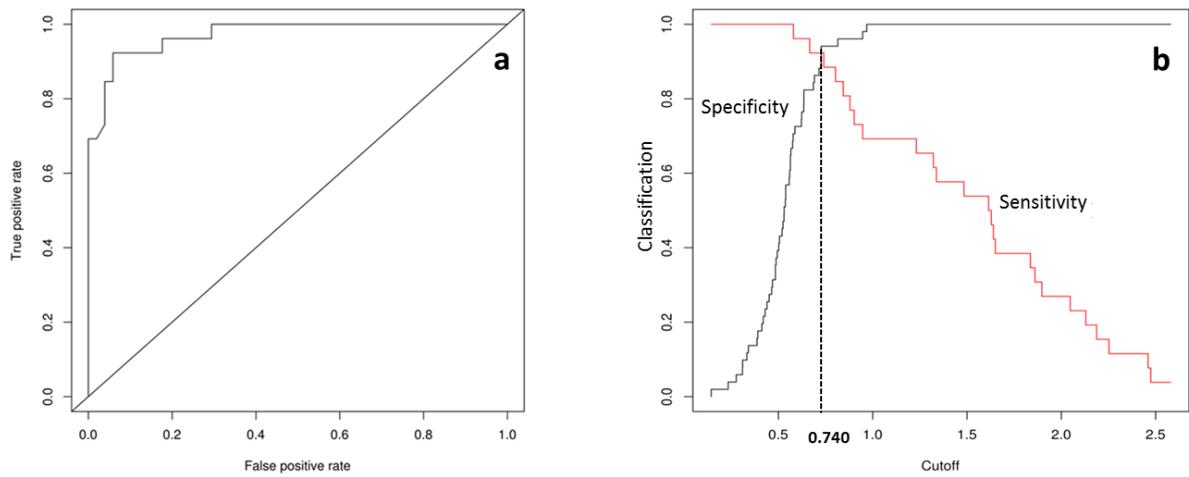


Figure 6 : Courbes de détermination de la valeur seuil du diagnostic ELISA indirect

2.6. Analyse statistique

Dans les différentes études, il a été fait appel à plusieurs tests ou méthodes statistiques de validation d'hypothèses et de modélisation, entre autres :

- Test de Shapiro-Wilk pour tester la normalité de la distribution des variables quantitatives ;
- Le test Khi-deux de Pearson dit Khi-deux ;
- Test exact de Fischer ;
- Le Test de partitionnement ou de classification abrégé en anglais CHAID pour CHi-squared Automatic Interaction Detection ;
- Analyse de variance abrégé ANOVA pour **AN**alysis **Of** **V**ariance en anglais;
- La régression linéaire simple et le coefficient de corrélation linéaire (ou coefficient de Bravais Pearson) ;
- L'alternative non paramétrique du coefficient de corrélation de Pearson ou test de rang de Spearman pour la corrélation ;
- La régression logistique.

Comme le choix du test statistique le plus approprié est déterminé par la nature des variables, la taille de l'échantillon, et la distribution des données.

2.6.1. Tests de normalité

Pour les distributions obéissant à la loi normale, les tests paramétriques sont à utiliser en première intention ; en revanche, dans le cas de petits échantillons et lorsque nous ne savons rien sur la distribution, il est recouru aux tests non paramétriques, qui sont moins exigeants à ce sujet.

Ainsi, avant de procéder à l'analyse statistique, le premier pas est-il de tester la normalité. Pour ce faire, le test le plus puissant est bien celui de Shapiro-Wilk.

Le test de Shapiro-Wilk est basé sur la statistique W . En comparaison des autres tests, il est particulièrement puissant pour les petits effectifs ($n \leq 50$). La statistique du test s'écrit :

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Nous voyons que le calcul, où a_i est une constante à calculer d'après une formule inutile à indiquer ici, est très laborieux. Heureusement grâce aux logiciels de statistique, la tâche est beaucoup plus facilitée. Dans le logiciel STATISTICA 6 que nous avons utilisé, pour ce faire, il suffit d'indiquer dans la boîte de dialogue : statistique, ajustement de distribution, lois continues, loi normale, indiquer la variable en question avant de cliquer sur Ok. Ce logiciel affiche la p-value qu'il faut interpréter comme suit.

Sachant que l'hypothèse nulle est que la population est normalement distribuée, si la p-value est inférieure au niveau alpha choisi, alors l'hypothèse nulle est rejetée (i.e. on conclut que les données ne sont pas issues d'une population normalement distribuée). Si la p-value est supérieure au niveau alpha choisi, alors on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle les données sont issues d'une population normalement distribuée.

D'autre part, le chercheur peut comparer la valeur de la statistique W à la valeur seuil de la table de Shapiro-Wilk, plus cette valeur calculée est petite moins de chances il y a de maintenir l'hypothèse nulle du test, plus la probabilité de normalité de la série est grande.

2.6.2. Les tests du χ^2

Les tests du χ^2 (chi-deux, chi-carré) sont basés sur la statistique du χ^2 proposée par Karl Pearson, mathématicien britannique. L'objectif de ces tests est principalement de comparer des distributions entre elles (des proportions de bovins cliniquement ou sérologiquement positifs à l'hypodermose). Ces tests peuvent être appliqués à des variables de nature qualitative (binaire, nominale, ordinale, quantitative regroupée en classes comme les classes d'âge de bovins).

Ce test peut être utilisé pour comparer la prévalence d'une maladie selon les différentes classes d'âges, comme c'est le cas quand il s'agit d'étudier l'effet de l'âge sur la prévalence de l'hypodermose bovine.

Trois types de test du χ^2 peuvent être distingués :

- Le test du χ^2 d'ajustement dont l'objectif est de comparer une distribution observée sur un échantillon à une distribution théorique (binomiale, Poisson, normale) ou à une distribution connue dans la population sous-jacente.
- Le test du χ^2 d'homogénéité dont l'objectif est de comparer deux ou plusieurs distributions observées sur des échantillons.
- Le test du χ^2 d'indépendance qui est utilisé pour étudier sur un même échantillon la liaison entre deux variables qualitatives.

Matériel et Méthodes

Quelque soit le type de test, le principe consiste à comparer les effectifs des classes des distributions et le calcul de la statistique de test reste identique. Cette section va s'attacher à décrire les différentes hypothèses énoncées en fonction du type de test, le calcul de la statistique de test et l'interprétation du test du χ^2 dans le cadre général.

2.6.3. Le test exact de Fischer

Le test exact de Fischer a été appliqué comme alternative au test Khi-deux de Pearson quand l'effectif de l'une modalité était très faible (moins de 5), et c'était le cas dans l'analyse de l'effet du système d'élevage sur la prévalence de l'hypodermose bovine. En effet, les bovins exploités sous un système intensif présentant une prévalence très faible (très peu de positifs) rendant impossible l'application du test d'hypothèse Khi-deux.

2.6.4. Analyse de variance

L'objectif d'analyse de variance est de comparer plusieurs groupes indépendants d'observations quant à leur moyenne. L'ANOVA a été appliquée pour comparer l'intensité d'infestation par l'hypodermose bovine en fonction de plusieurs facteurs tels que les catégories d'âge, la race, le sexe de l'animal, la provenance, le traitement antihelminthique, le type du climat, le système. La variable à expliquer ou dépendante est, en l'occurrence, l'intensité d'infestation ou la charge parasitaire, en anglais parasitic burden or intensity of infection. Les variables explicatives, quant à elles, ce sont les facteurs sus-indiqués. Chaque fois qu'il s'agit d'un lien entre un caractère quantitatif, ici l'intensité d'infestation qui représente le nombre de nodules par animal atteint, et un caractère qualitatif ou quantitatif mais regroupé en classes ou tranches, il envisage l'analyse de variance, qui n'est autre que la comparaison de plusieurs moyennes arithmétiques. Le test post hoc de Tukey a été utilisé, le cas échéant, pour détecter quelles sont les paires de moyennes significativement différentes entre elles. Dans l'étude de l'effet de l'âge sur la positivité à l'hypodermose, ce test post hoc permettra de repérer quelles sont les classes d'âge qui diffèrent significativement.

2.6.5. Régression linéaire et coefficients de corrélation

Une situation courante en médecine vétérinaire ou plus généralement en épidémiologie est d'avoir à sa disposition deux ensembles de données de taille n , $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ et $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, obtenus expérimentalement ou mesurés sur une population.

Ainsi, l'objectif de la régression consiste à rechercher une relation pouvant éventuellement exister entre les x et les y , par exemple de la forme $y = f(x)$. Lorsque la relation recherchée est affine, c'est-à-dire de la forme $y = ax + b$, on parle de régression linéaire. Mais même si une

Matériel et Méthodes

telle relation est effectivement présente, les données mesurées ne vérifient pas en général cette relation exactement. Pour tenir compte dans le modèle mathématique des erreurs observées, on considère les données $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ comme autant de réalisations d'une variable aléatoire Y et parfois aussi les données $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ comme autant de réalisations d'une variable aléatoire X . On dit que la variable Y est la variable dépendante ou variable expliquée et que la variable X est la variable explicative. Dans le cadre de notre étude sur la sérologie, la variable expliquée est la densité optique des puits des plaques ELISA mesurées par le spectrophotomètre alors que la variable explicative est le nombre de varons par bovin infesté par l'hypodermose bovine.

Le coefficient de corrélation (r de Pearson) est la covariance de deux variables centrées réduites. Cependant, l'existence de corrélation ne signifie en aucun cas un lien de causalité. Ce test n'est envisageable que si les deux variables sont quantitatives et à distribution normale et que la série statistique est double (couples de valeurs x, y).

Ce coefficient de corrélation répond toujours à la propriété : $-1 \leq r \leq +1$. Le signe de r est le même que le signe de la covariance. Il indique si la relation est de pente positive (croissante) ou négative (décroissante). En règle générale, plus r est proche de $+1$ plus la corrélation est fortement proportionnelle ; plus r se rapproche de -1 plus la corrélation est fortement et inversement proportionnelle (pente descendante).

Du fait que la clause de normalité de la double série de données est difficile à vérifier, on recourt le plus souvent à la **corrélation de Spearman** (nommée d'après Charles Spearman), ou **rho de Spearman**, est calculée lorsque deux variables statistiques semblent corrélées sans que la relation entre les deux variables soit de type affine. Elle consiste à trouver un coefficient de corrélation, non pas entre les valeurs prises par les deux variables mais entre les rangs de ces valeurs. Elle permet de repérer des corrélations monotones. Il faut également souligner que la corrélation de Spearman utilise les rangs plutôt que les valeurs exactes. Cette corrélation est utilisée lorsque les distributions des variables sont asymétriques (skew en anglais). L'interprétation est identique à celle de la corrélation de Pearson. Il a été fait appel à ce test pour deux raisons principales en vue d'explorer une éventuelle corrélation entre la densité optique des puits et la charge parasitaire :

- Les deux caractères objet d'étude (densité optique et nombre de varons) ne sont pas distribués normalement ;
- Confronter les deux résultats obtenus par la méthode paramétrique (r de Pearson) et non paramétrique (rho de Spearman).

2.6.6. L'algorithme CHAID

CHAID pour Chi-squared Automatic Interaction Detection en anglais est une méthode statistique de choix pour stratifier des variables (ici des facteurs de risques éventuels). C'est un arbre de décision. A chaque étape, CHAID choisit la variable indépendante (prédite) dont l'interaction avec la variable dépendante (la prévalence de l'hypodermose bovine ou autrement dit le pourcentage de bovins présentant des nodules) est la plus forte. Les modalités de chaque valeur prédite sont fusionnées si elles ne présentent pas de différences significatives avec la variable dépendante.

La procédure Arbre de décision crée un modèle de segmentation basée sur un arbre. Elle classe les observations en groupes (strates) ou estime les valeurs d'une variable (cible) dépendante à partir des valeurs de variables (prédites) indépendantes. Cette procédure fournit des outils de validation pour les analyses de classification d'exploration et de confirmation

2.6.7. La régression logistique

La régression logistique, qui est une technique permettant d'ajuster une surface de régression à des données lorsque la variable dépendante est dichotomique (présence ou absence de varons), a été appliquée pour savoir quels sont les facteurs liés à la prévalence de l'hypodermose bovine et ensuite la force de liaison a été quantifiée par le rapport des cotes correspondant à chaque facteur. Il s'agit en fait de connaître les facteurs associés à un phénomène (ici l'occurrence de l'hypodermose) en élaborant un modèle de prédiction. La popularité de cette méthode est bien connue dans les sciences de la santé et en sciences humaines, où la variable à prédire est la présence ou l'absence d'une maladie. Elle paraît comme la méthode de choix en épidémiologie. La régression logistique n'exige pas que les prédicteurs soient distribués normalement, linéaires ou qu'ils possèdent une variance égale entre chaque groupe. Toutefois, cette technique s'applique uniquement à de grands échantillons. La pratique de la régression logistique est très proche de celle de la régression linéaire. La régression linéaire permet de caractériser les liens entre une variable à expliquer (Y) quantitative et des variables explicatives ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) également quantitatives.

À l'évidence, ce modèle (on parle de régression linéaire) ne s'applique pas aux variables qualitatives et notamment binaires (animal varonné ou non) où Y s'exprime en termes de oui/non. Il est donc nécessaire d'utiliser un modèle adapté permettant de relier les variables explicatives à la variable qualitative (Y) à prédire. C'est là qu'intervient la régression logistique. L'astuce de la régression logistique consiste non pas à modéliser la variable qualitative Y mais la probabilité que celle-ci se réalise. Le modèle logistique permet une

Matériel et Méthodes

expression non linéaire, variant de façon monotone entre 0 et 1, de cette probabilité en fonction des variables explicatives (Age, sexe, race des bovins, système d'élevage, provenance de l'animal, traité ou non).

Le choix des variables explicatives (ou les facteurs) n'est pas le fruit du hasard ni le résultat d'un screening fait à l'aveugle de plusieurs centaines de variables. D'ailleurs les études ont toujours porté sur quelques variables, celles supposées être des facteurs de risque. Il est basé sur la connaissance de la physiopathologie de la maladie et les possibles facteurs influençant cette dernière. Ainsi, toutes les variables explicatives étudiées ne seront pas toutes nécessairement incluses dans l'analyse multifactorielle. Ne seront introduites dans la régression logistique que les variables qui pourraient avoir un lien avec la maladie, ici le varron. C'est ce qu'on appelle choisir le meilleur modèle, le plus adéquat.

2.6.8. Les logiciels utilisés

En définitive, trois logiciels statistiques ont été exploités en vue de réaliser les différents tests précédemment cités, à savoir STATISTICA 6, SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 22 et enfin le logiciel gratuit R (R core team, 2015). A chaque logiciel ses performances. Par exemple, l'Arbre de décision ou CHAID s'est réalisé par SPSS 22. Quel que soit le logiciel utilisé, y compris pour la statistique descriptive, toutes les modalités des variables ont été numériquement codifiées. Pour les variables quantitatives telles que le nombre de varons et la densité optique correspondant à chaque sérum, il n'y a pas lieu de codifier, mais il suffit juste de porter la valeur numérique obtenue. Tout au long des analyses statistiques, aucun test non paramétrique n'a été appliqué hormis le test des rangs de Spearman (coefficient « **rho** » de corrélation des rangs de Spearman). Non parce qu'ils sont moins puissants, ce qui est souvent le cas, mais parce qu'ils ne permettent pas une analyse multifactorielle, encore moins de détecter une éventuelle interaction entre les facteurs de risque inhérents à l'hypoderme bovine.

Dans tous les cas, comme prélude à l'analyse statistique, les fichiers ont été préparés par le tableur Microsoft Excel 2007.

2.6.9. Estimation des paramètres prévalence et intensité d'infestation par intervalle de confiance

L'estimation par intervalle de confiance ($\alpha = 5\%$) de la prévalence d'infestation par Hypoderma est donnée par la formule mathématique qui suit :

$$P - 1,96\sqrt{PQ/n} < p_0 < P + 1,96\sqrt{PQ/n}$$

Où :

P est la proportion estimée sur l'échantillon de n individus (n bovins) présentant des varons
 p_0 la proportion de bovins atteints d'hypodermose bovine dans la population de bovins de la wilaya par exemple.

Q est la proportion d'individus ne présentant pas de varons, alors $Q=1-P$.

Maintenant, pour la moyenne d'intensité d'infestation ou de la charge parasitaire, l'intervalle de confiance de l'intensité d'infestation de la population s'obtient en tenant compte de la moyenne et de l'écart type calculés sur l'échantillon de n bovins dans le cas des grands échantillons ($n>30$ bovins).

Pour $\alpha = 5\%$ cet intervalle est donc donné par la formule qui suit :

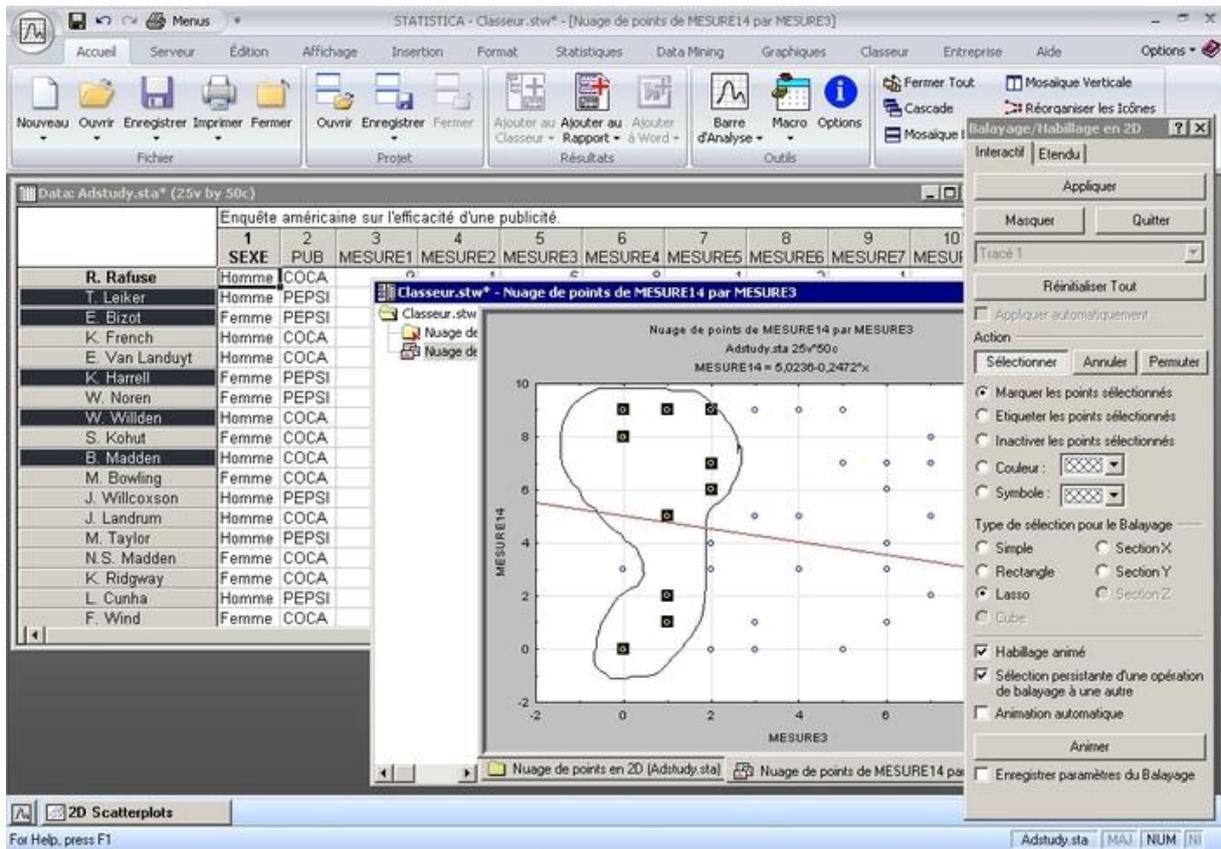
$$\mu - 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < m < \mu + 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Où μ est la moyenne d'intensité d'infestation calculée sur l'échantillon n bovins positifs à l'hypodermose bovine.

σ est l'écart type de l'intensité d'infestation

m est la moyenne d'intensité d'infestation estimée par intervalle

Pour $\alpha < 5\%$, l'intervalle de confiance tant pour la proportion que pour la moyenne d'infestation serait plus ample, donc moins précis. De toute évidence, le risque d'erreur d'avoir le paramètre estimé en dehors de l'intervalle de confiance est inversement proportionnel à l'amplitude de cet intervalle, c'est-à-dire de la précision.



Résultats

3. RÉSULTATS

3.1. Détermination de la chronobiologie et identification des espèces d'hypodermes en cause

Des visites hebdomadaires au sein de l'abattoir communal de la wilaya de Bejaia ont permis d'inspecter les peaux, les œsophages ainsi que les carcasses d'un total de 483 bovins. L'objectif majeur est de déterminer le cycle annuel ou la chronobiologie du genre *Hypoderma* (famille des Oestridae) dans cette région.

La recherche des différents stades du parasite durant un cycle annuel, de mars 2011 à février 2012 (une année), a permis de déterminer les principales phases du cycle biologique : phase œsophagienne (présence de L1 d'*Hypoderma lineatum*), phase rachidienne (présence de L1 d'*Hypoderma bovis* dans le canal rachidien) et phase cutanée (présence de varons d'*Hypoderma sp.*).

Phase œsophagienne

Les larves œsophagiennes d'hypodermes apparaissent au niveau de la sous-muqueuse, du mois d'août (20/08) à mi-décembre. Toutes les larves provenant de l'œsophage et identifiées au laboratoire appartiennent à l'espèce *H. lineatum*.

Phase rachidienne

Les larves d'*H. bovis* sont mises en évidence au niveau du canal rachidien d'octobre (7/10) à février (3/2).

Phase cutanée

Les larves extraites des granulomes inflammatoires de la région dorso-lombaire appartiennent toutes aux stades L2 et L3 d'*Hypoderma sp.* En fait, la majorité de celles-ci sont des larves du stade L3 vu le début de mélanisation des plaques stigmatiques. Les stades L1 ne s'y trouvent pas car celles-ci se transforment en L2 dès leur arrivée dans la région dorso-lombaire. Le métabolisme du premier stade est foncièrement différent de celui des deux autres stades.

L'apparition des larves sous la peau a été constatée du mois de novembre à la première semaine de mai (Photo 13).

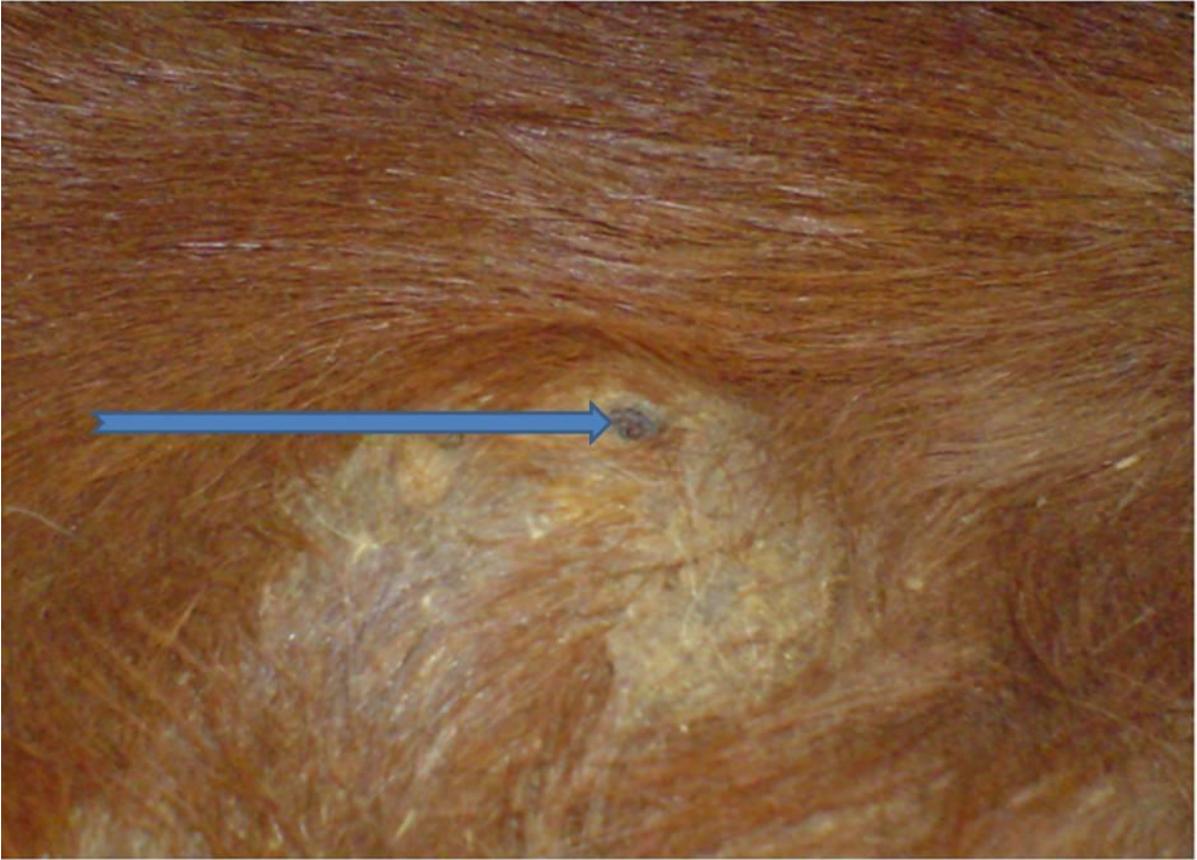


Photo 13 : Nodule sous-cutané sur le dos d'un bovin de race locale montrant le pertuis respiratoire (flèche) des larves L2 et L3 (Originale, 2012).

Les hypodermes parasitent donc l'œsophage, le canal rachidien et le tissu conjonctif sous-cutané de début août au début mai.

Le comptage des larves prélevées du tissu conjonctif sous-cutané (Photo 14), de la muqueuse œsophagienne ainsi que du canal rachidien a permis de dresser le tableau 3, schématisé par la figure 7, qui rendent compte de l'évolution du nombre moyen de larves au niveau des trois différentes localisations.

Résultats

Tableau N° 3 : Distributions des différents stades larvaires d'*H. lineatum* et *H. bovis* au cours d'un cycle annuel (mars 2011-février 2012).

Mois	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.
Nombre d'animaux examinés	42	45	32	39	50	45	43	51	39	31	35	31
Nombre d'animaux varonnés	2	4	1	0	0	0	0	0	1	1	2	4
Nombre Moyen De larves cutanées	9	13	4	0	0	0	0	0	3	5	11	7
Nombre moyen de larves œsophagiennes	0	0	0	0	0	7	5	9	4	2	0	0
Nombre moyen de larves rachidiennes	0	0	0	0	0	0	0	6	11	7	4	2

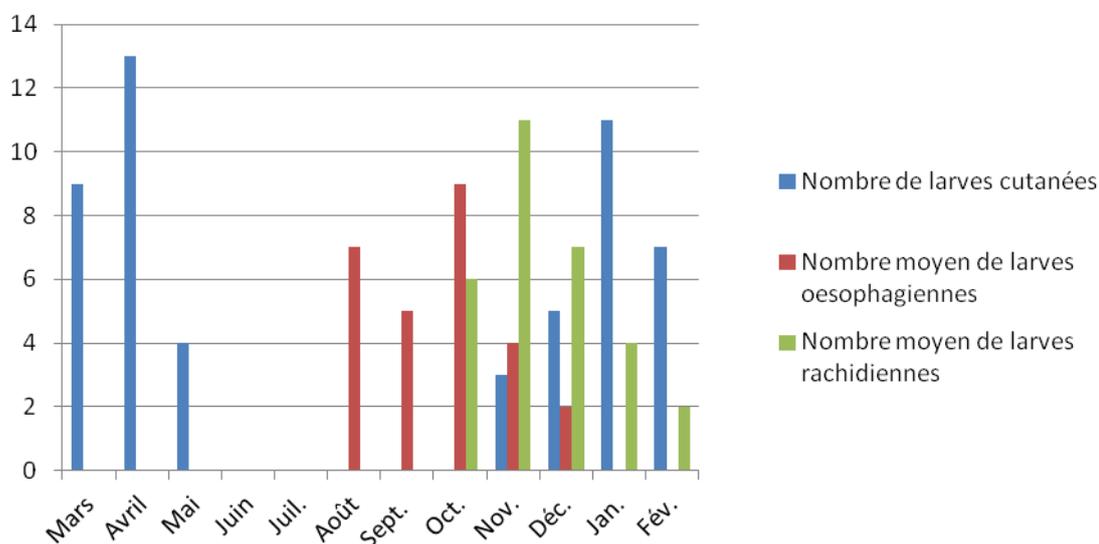


Figure 7 : Distributions des stades larvaires d'*H. lineatum* et *H. bovis* au cours d'un cycle annuel (Mars 2011- Février 2012)

Résultats



Photo 14 : Examen de la face interne de la peau bovine, granulomes inflammatoires contenant des larves L2 et L3 d'*Hypoderma* spp. (Originale, 2012, abattoir de Bejaia)

Il a été procédé comme suit. Toutes les larves cutanées extraites chaque mois, d'octobre 2011 à mai 2012, soit durant sept (7) mois, ont été identifiées selon les clés morphologiques de James (1947), de Zumpt (1965) ou celle plus récente de Balkaya et *al.* (2010).



Photo 15 : Sortie de la larve du troisième stade (Original, 2015)

Parmi les 134 larves d'*Hypoderma* spp. identifiées, 64 (47,76%) appartenaient à l'espèce *Hypoderma bovis*, et les 70 restantes étaient de l'espèce *Hypoderma lineatum* (52,23%).

Résultats



Photo 16 : Larves de deuxième stade ou varon blanc d'*Hypoderma bovis* , notons que les plaques stigmatiques (les 2 flèches) ne sont pas encore mélanisées (Originale, 2015).



Photo 17: Plaques stigmatiques d'*Hypoderma lineatum* larve L3 (Originale, 2015)



Photo 18 : Larves du troisième stade naturellement émergées (Originale, 2015).

Résultats

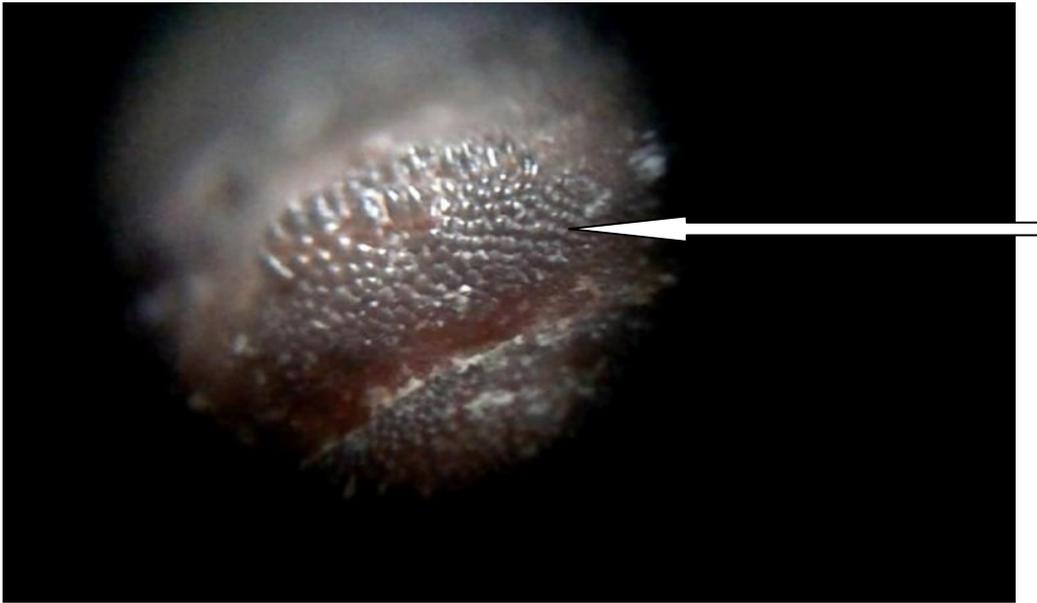


Photo 19 : Epines du dernier segment (face ventrale) caractéristique de Larves *Hypoderma lineatum* (Originale, 2015)



Photo 20 : Plaques stigmatiques d'*Hypoderma bovis*, larve L3 (Originale, 2015)

Tableau 4 : Distribution mensuelle relative des larves cutanées des 2 espèces du genre *Hypoderma*

Résultats

Mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Nombre Total	3	5	22	29	18	53	4
Nombre de larves <i>H. bovis</i>	0	1	8	13	11	28	3
Nombre de larve <i>H. lineatum</i>	3	4	14	16	7	25	1

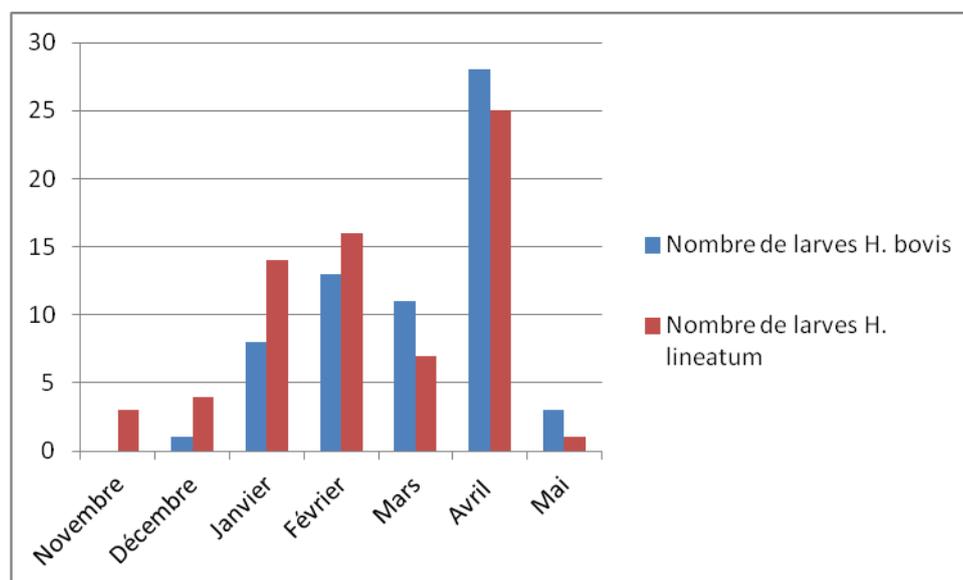


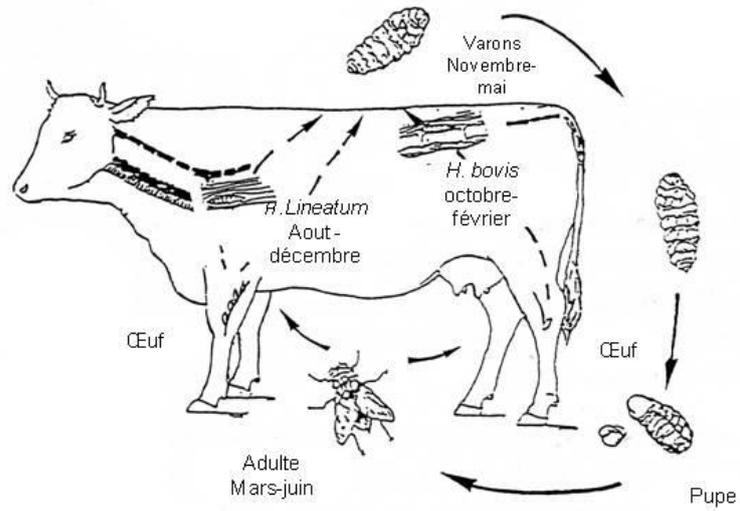
Figure 7 : Distribution mensuelle relative des 2 espèces du genre *Hypoderma* (année 2011-2012)

A présent, la chronobiologie des hypodermes dans le nord centre Algérien, cas de la wilaya de Bejaia a pu être déterminée et schématisée dans la figure 8 grâce à l'étude des différents stades larvaires des deux espèces d'*Hypoderma*. L'activité des mouches adulte correspond à l'observation des courses de chaleur dans cette région de mi-mars à juin. La phase libre du parasite correspond à la phase lymphé qui se déroule sur le sol (photo 18) et la phase adulte.

Résultats



Photo 21 : Deux nymphes photographiées 20 jours après l'éclosion des larves d'*H.bovis* (Originale, 2009).



Chronobiologie des hypodermes au nord centre Algérien
Cas de Bejaia

Figure 8 : Cycle biologique des hypodermes au nord centre Algérien

Résultats

3.2. Facteurs de risque associés à l'hypodermose bovine

Pour évaluer aussi bien la prévalence que l'intensité d'infestation de l'hypodermose bovine au nord centre Algérien, un total de 3442 et 226 bovins ont été cliniquement examinés, respectivement, au marché à bestiaux de Bejaia et cinq exploitations bovines dans différentes communes de la wilaya, de janvier à juin 2009 (Saidani et *al.*, 2014).

Une deuxième enquête ayant porté sur 1635 bovins dans 4 wilayat, Bejaia et Tizi Ouzou, Ain Defla et Tissmsilt, a été menée de mars à juin 2014 afin d'explorer l'effet de facteurs intrinsèques et extrinsèques outre celui du climat (Saidani et *al.*, 2016).

Le tableau 5 représente l'évolution mensuelle de la prévalence d'infestation par *Hypoderma* spp. enregistrée dans le marché à bestiaux. L'inspection des animaux et le comptage des varons ont permis de noter que sur 3442 bovins inspectés 129 se sont révélés infestés, ce qui représente une prévalence globale de 3,7%. Dans la présente étude, la prévalence dans le marché à bestiaux a augmenté progressivement jusqu'à avril (7,1%); après ce mois le nombre d'animaux varonnés s'est mis à diminuer pour atteindre son plus bas niveau en juin. Aucun bovin n'a été trouvé infesté, passée la première semaine de juin. La moyenne globale d'infestation au marché à bestiaux était de $12,6 \pm 7,78$ (Tableau 5), la plus haute étant celle enregistrée en mars ($13,1 \pm 7,35$). L'évolution de la prévalence et celle de l'intensité d'infestation par *Hypoderma* spp. sont schématisées dans la figure 9.

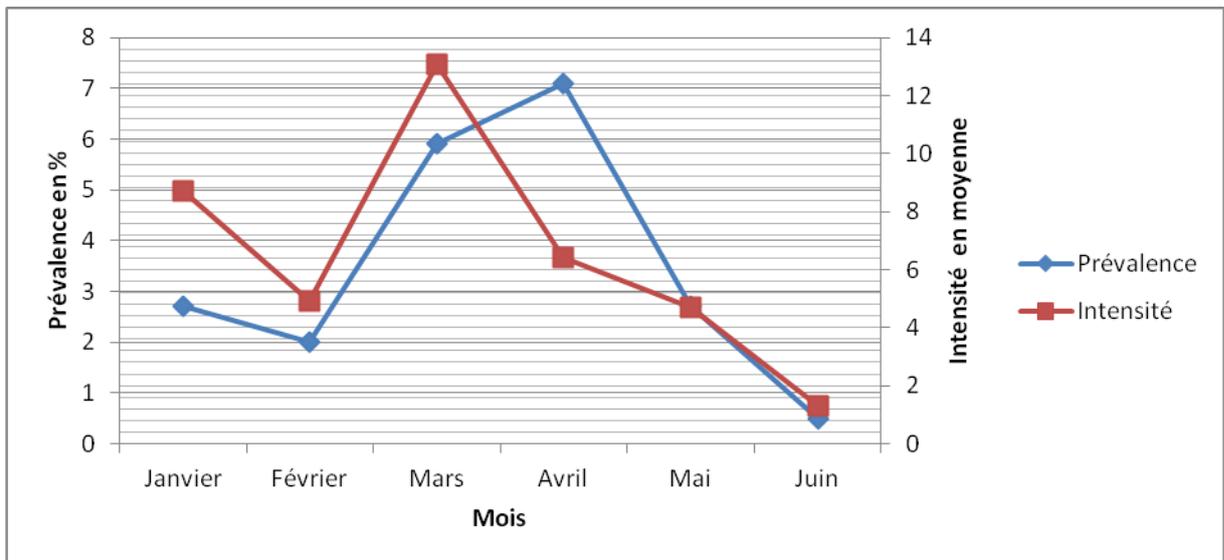


Figure 9 : Evolution mensuelle de la prévalence et de l'intensité d'infestation

Résultats

Tableau 5: Evolution mensuelle de la prévalence et du nombre de varons

	Nombre d'animaux examinés	Nombre d'animaux Infestés	Prévalence (%)	Nombre total de varons	Intensité d'infestation
Janvier	150	4	2,7	35	8,7±3.09
Février	507	10	2,0	49	4,9±2.51
Mars	791	46	5,9	604	13,1±6.20
Avril	678	48	7.1	306	6,4±3.24
Mai	674	18	2,7	84	4,7±2.47
Juin	642	3	0,5	4	1,3±0.58
TOTAL	3442	129	3,7	1082	12,6±7.78

Le tableau 6 rend compte de la prévalence et de l'intensité d'infestation dans les 5 exploitations, avec le système d'élevage pratiqué dans chacune d'elles. La prévalence globale y était de 18.1%, avec une intensité d'infestation de 7.5±4.15. La prévalence est élevée dans les élevages pratiquant un système extensif ou semi extensif. Le test Khi-deux de Pearson un effet significatif du système sur la prévalence ($\chi^2= 19.555$; la valeur P du test exact de Fischer $P < 0.001$). Le test-algorithme CHAID a divisé la population étudiée en trois groupes, intensif, semi-extensif et extensif en fonction du système d'élevage. Singulièrement, aucune association n'a été détectée entre la prévalence d'un côté, l'âge et le sexe d'un autre.

L'analyse ANOVA multifactorielle a révélé que seule la race exerçait un effet significatif sur l'intensité ($F= 10.96$; $P= 0.002$). Le test post hoc de Tukey montrait que la montbéliarde était, du moins dans la présente enquête, la plus intensément infestée (Saidani et al., 2014).

Tableau 6 : Prévalence et intensité selon le système d'élevage dans les 5 exploitations bovines

Elevage	Système d'élevage	Nombre de bovins examinés	Prévalence	Intensité d'infestation
Élevage 1	Semi-extensif	162	21 (12.9%)	5± 2.28
Élevage 2	Semi-extensif	15	7 (46.6%)	13± 3.21
Élevage 3	Intensif	19	0 (0%)	0
Élevage 4	Extensif	16	9 (56.2 %)	6.6± 2.82
Élevage 5	Semi-extensif	14	5 (35.7 %)	12± 3.03
TOTAL		226	18.1	7.5±4.1

Résultats

Cependant, dans l'étude ayant porté sur 1635 bovins dans 4 wilayat, Bejaia et Tizi Ouzou, Ain Defla et Tissmsilt, principalement quatre facteurs ont un effet majeur sur la prévalence, l'âge, le sexe, la race et le système d'élevage. En effet, la race Flechvieh a la plus haute prévalence, les animaux jeunes sont les plus fréquemment infestés, les animaux en élevage extensif ont 106.13 fois plus de risques d'être infestés que ceux en stabulation permanente. Similairement, l'analyse de variance à plusieurs facteurs a détecté un effet très significatif de l'âge, de la race, du système d'élevage et de l'utilisation d'antihelminthiques ou d'insecticides sur le nombre de varons par animal infesté.

En résumé, principalement l'âge, la race et surtout le système d'élevage exercent un effet significatif sur aussi bien la prévalence que l'intensité d'infestation. L'effet du sexe n'est pas constant, mais le plus souvent les femelles sont plus fréquemment varonnées que les mâles.

3.3. Effet des conditions environnementales sur les hypodermes en Algérie

Afin d'explorer l'effet du climat combiné à d'autres facteurs de risque intrinsèques ou extrinsèques sur l'épidémiologie de l'hypodermose bovine dans le nord centre Algérien, 1635 animaux appartenant à différents âges et races, mâles ou femelles, ont été examinés visuellement et par palpation pour la recherche des varons. L'inspection s'est déroulée mensuellement de mars à juin 2014 et a porté sur quatre wilayat, deux au climat humide (Bejaia et Tizi Ouzou) et deux autres au climat semi aride à savoir Ain Defla et Tissemsilt.

Dans la présente étude, la prévalence globale était de 28,7%, avec toutefois une variation notable en fonction de la wilaya considérée. En effet, la prévalence d'infestation dans les deux wilayat de la région semi-aride était plus élevée en comparaison de la région humide, avec une grande disparité entre les prévalences des 4 wilayas (Tableau 7 et figure 10).

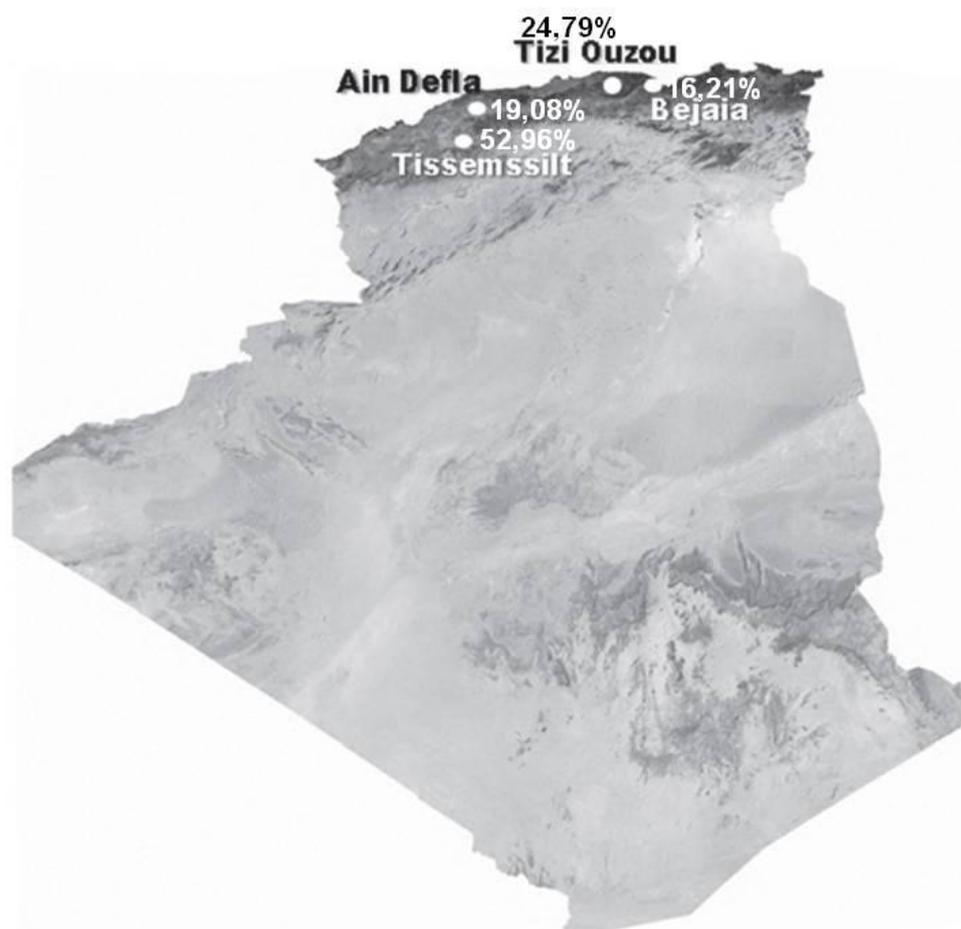


Figure 10 : Prévalences de l'hypodermose bovine dans 4 wilayat d'étude

Résultats

Tableau 7 : Prévalence de l'hypodermose bovine dans les 4 wilayat d'étude

Facteur	Niveau	Animaux examinés	Non infestés	Infestés	Prévalence
Wilaya	Bejaia	419	351	68	16,21%
	Tizi Ouzou	468	352	116	24,79%
	Ain Defla	325	263	62	19,08%
	Tissemsilt	423	199	224	52,96%
climat	humide	887	703	184	20,74%
	Semi- aride	748	462	286	38,23%
Age	<13 mois	493	346	147	29,82%
	13-36 mois	790	552	238	30,12%
	>36 mois	352	267	85	24,14%
Sexe	Male	309	236	73	23,62%
	Femelle	1326	929	397	29,94%
Système	Intensive	129	117	12	9,30%
	Semi-extensive	611	464	147	24,06%
	Extensive	895	584	311	34,75%
Race	Holstein	52	40	12	23,08%
	Montbéliard	222	165	57	25,68%
	Fleckvieh	25	5	20	80,00%
	Race croisée	572	378	194	33,91%
	Race locale	764	577	187	24,48%
Traitement	Traité	769	619	150	19,50%
	Non traité	866	546	320	36,95%

Cependant, la régression logistique (Tableau 8) a montré qu'outre le climat, d'autres facteurs intrinsèques tels que l'âge, la race et le sexe et extrinsèques comme le système d'élevage et le traitement agissent fortement sur la prévalence. En considérant d'autres paramètres, il paraît que la race Fleckvieh est plus sujette à l'infestation par les œstres que d'autres races. De même les jeunes bovins sont plus fréquemment infestés. D'après toujours le même test, les animaux exploités sous un système extensif ont 106.13 fois de risques d'être infestés que ceux du système intensif. Par ailleurs, l'algorithme CHAID a révélé que les trois facteurs de risque les plus importants, par ordre décroissant, sont le climat, le système d'élevage et la race.

Résultats

Tableau 8 : Résultats de la régression logistique

	Estimateur	S.E.	Z value	P	OR*	Supérieur inférieur 95% CI for OR	
Climat	1.5112	0.1594	9.481	<0.001	4.53	3.32	6.19
Race locale							
Holstein	2.1550	0.4524	4.763	<0.001	8.63	3.55	20.94
Montbéliard	3.4894	0.3251	10.732	<0.001	32.77	17.32	61.97
Fleckvieh	4.8749	0.5690	8.567	<0.001	130.96	42.93	399.49
Race croisée	1.3806	0.1675	8.240	<0.001	3.98	2.86	5.52
<13 mois							
13-36 mois	0.1107	0.1397	-0.793	0.428	0.89	0.68	1.17
>36 mois	-0.4271	0.1751	-2.439	0.015	0.65	0.46	0.91
Sexe	0.6358	0.2269	2.803	0.005	1.89	1.21	2.95
Intensive							
Semi- extensive	1.8659	0.3754	4.971	<0.001	6.46	3.10	13.49
Extensive	4.6646	0.5684	8.207	<0.001	106.13	34.84	323.314
Traitement	0.8670	0.4013	2.161	0.031	2.38	1.08	5.22
Tous les facteurs sont en fonction de la première modalité							

L'effet des différents facteurs de risque sur l'intensité d'infestation s'est analysé à travers l'ANOVA à plusieurs facteurs, la charge parasitaire s'est échelonnée de 1 à 98 nodules, la moyenne étant 18.9 ± 11.05 (moyenne \pm écart type). En plus du climat, l'ANOVA multifactorielle (tableau 9) a mis en évidence un effet significatif de l'âge, de la race, la race locale ou brune de l'Atlas et les jeunes animaux étant plus lourdement infestés que d'autres races ou d'autres tranches d'âge. Le système d'élevage a été identifié comme un facteur de risque majeur.

Résultats

Tableau 9 : Intensité d'infestation et résultats de l'analyse par l'ANOVA multifactorielle

Facteurs	Moyenne ± ET	F	P Value	Facteurs	Moyenne ± ET	F	La valeur P
climat		62,582	< 0,001	Sexe		0,778	0,080
Humide	14,84±7.86			Male	16,03±9.76		
Semi-aride	21,57±11.98			Femelle	19,18±11.13		
Race		2,417	0,048	Système d'élevage		37,152	< 0,001
Locale	20,65±12.96			Intensif	4,67±2.9		
Frisonne	19,58±7.72*			Semi-extensif	14,38±6.55		
Montbéliarde	13,75±6.68			Extensif	21,64±11.8		
Flechvieh	11,6±6.56*						
Croisée	19,52±9.88						
Age		16,074	< 0,001	Traitement		< 0,001	24,164
< 13 mois	2,67±12.02			Non traités		21,64±1,8	
13-36 mois	18,5±10.74			Traités		13,16±6,6	
> 36 mois	15,41±8.9						
ET : écart type= racine carré de la variance, en anglais Standard deviation, abrégé SD							

Quant à la distribution des deux espèces *d'Hypoderma spp.*, il s'est avéré que le climat a une grande influence sur la chronobiologie et la distribution relative. Ainsi, des 152 larves identifiées, 83 (54.5%) se sont avérés appartenir à l'espèce *H. lineatum* alors que 69 larves (45.5%) étaient de l'espèce *H. bovis*. Sous le climat humide, 47 sur 80 (58.7%) des larves étaient *H. bovis*. et la partie restante de *H. lineatum*. Cependant, dans la région semi aride, 50 sur 72 (69.4%) étaient de l'espèce *H. lineatum*.

3.4. Aspects économiques de l'hypodermose bovine

Une enquête a été effectuée de janvier à juin 2011, au niveau de plusieurs fermes bovines de trois wilayat, Bejaïa, Bouira et consultation de données fournies par la direction des services vétérinaires de Jijel en vue d'estimer les pertes économiques infligées à l'industrie du cuir, les pertes en lait et en viande.

Ces pertes ont été estimées selon les indications de Beesley (1974), en tenant en compte des prix d'un litre de lait, d'un kilogramme de viande alors que les pertes quant au secteur des cuirs ont été directement reportées des services vétérinaires de Jijel.

Les calculs se sont fait sur la base des pourcentages d'infestation des vaches laitières et des bovins d'engraissement dont le nombre se montait, respectivement, à 0,95 et 0,6 millions. Il s'est avéré, après l'enquête, qu'au moins 10% des vaches laitières et 5% des bovins viandeux étaient lourdement infestés (Plus de 10 varons).

D'après les services vétérinaires de la wilaya de Jijel, les pertes nationales annuelles en cuir se montaient à 200.000.000 DZD, soit en lettres deux cents millions de dinars algériens.

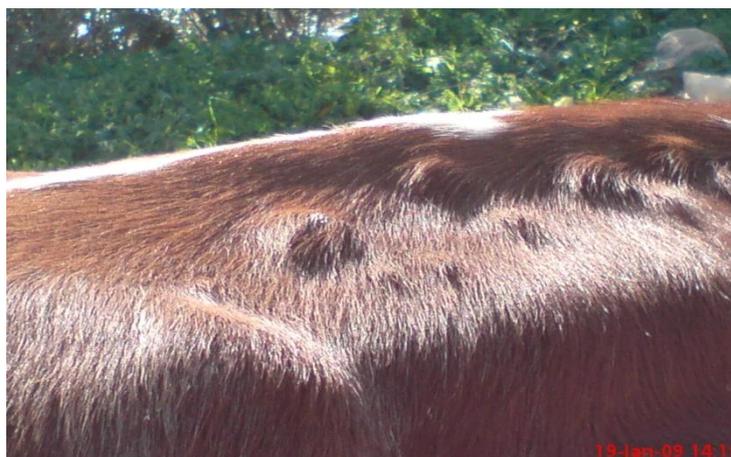


Photo 22 : Abscès sur le dos d'un bovin varonné (Originale, 2009).

Les pertes en production de viande étaient de 63.000.000 DA alors que celles en production laitière se chiffraient à 705.000.000 DZD.

Il n'est pas superflu de préciser que ces pertes ont été, sans nul doute, sous-estimées du fait qu'il si difficile d'estimer les pertes liées à l'activité des mouches adultes. En effet, n'étaient prises en considération les pertes inhérentes aux blessures suite aux courses de chaleur, aux avortements et à la réduction du temps de pâturage.

Enfin, tous les détails ayant servi au calcul des pertes économiques dans les trois secteurs sont consignés dans le tableau 10.

Résultats

Tableau 10 : Détails de calcul de l'impact économique

Pertes en production laitière		Pertes en production de viande	
Nombre total de vaches laitières	0,95 million	Nombre total de veaux et de taurillons en Algérie	0,6 million
production laitière annuelle moyenne par vache	4500 litres (Sahraoui, 2013)		
Prévalence du varron chez les vaches laitières	10% = 0,10	Pourcentage d'animaux lourdement infestés	5% = 0,05
Vaches lourdement infestées	20% = 0,20		
Pertes en pourcentage	15% = 0,15	Quantité de pertes en viande	15 kilos
Prix d'un litre de lait	55 DZD	Prix d'un kilo de viande	140 DA
Pertes annuelles	705 millions DZD	Total des pertes	63 millions DZD

Finalement, le total général des pertes économiques dans les trois différents secteurs, viande, lait et cuir, se montait à 968.000.000 DA ou 968 millions de dinars algériens.

On pourrait mettre à jour notamment les pertes économiques en lait, en se basant sur la production laitière nationale annuelle et les indications déjà prises en compte précédemment. D'après Souames et *al.* (2015), la production laitière nationale annuelle est de 3,1 milliards de litres de lait. Les calculs faits, les pertes en lait se chiffrent à 511,5 millions de dinars Algériens. Quand bien même on admettrait qu'une partie de la production laitière soit d'origine caprine et qu'une faible proportion du cheptel bovin soit dans les régions steppiques voire désertiques, les pertes se chiffreraient à plus de 400 millions de dinars algériens (sans aucun risque de surestimation) pour la seule production laitière.

Quoi qu'il en soit, ces chiffres devraient attirer l'attention des pouvoirs publics et des différents tenants de la production bovine.

Résultats

3.5. Séroprévalence au nord centre d'Algérie

De mai au début juillet 2014, 837 sérums bovins ont été obtenus de quatre wilayat du nord centre algérien, Tizi Ouzou, Boumerdes, Bouira et Bourdj Bou Arreridj. Au même temps que la sérologie, d'autres facteurs intrinsèques (âge, sexe, race) et extrinsèques (localisation, système d'élevage) ont été pris en considération. Ainsi, tous bovins prélevés ont subi un examen clinique pour la recherche des varons et leur comptage.

La séropositivité globale dans l'ensemble des 4 wilayat était de 49.8% (417 sur 837) alors que cliniquement seuls 25.7% des animaux présentaient des varons.

Les résultats de l'étude sérologique sont résumés dans le tableau 11

Tableau 11 : Séroprévalence et intensité d'infestation par *Hypoderma* spp. Chez les bovins du nord centre Algérien

Facteur	Niveaux	N° animaux	Séroprevalence (%)	intervalle de confiance à 95%	Intensité d'infestation* Moyenne (ET)
Lieu	Tizi Ouzou	183	63,9	56,5–70,8	9,0 (3,30)
	Boumerdes	215	44,6	37,9–51,6	9,58(4,38)
	Bouira	194	52,0	44,8–59,2	8,93(3,77)
	B. B. Arreridj	243	42,4	36,1–48,9	9,22(4,79)
Age	<3 ans	205	42,4	35,6–49,5	11,6(3,07)
	3-5 ans	371	47,4	47,4–52,7	7,8(4,05)
	>5 ans	261	59,0	52,8–65,0	7,5(3,20)
Sex	Male	161	50,9	43,0–58,8	8,8(3,71)
	Femelle	676	49,6	45,7–53,4	9,3(4,07)
Système d'élevage	Intensif	52	5,8	1,5–16,9	1,0(0)
	Semi extensif	702	50,6	46,8–54,3	8,6(4,09)
	Extensif	77	79,2	68,2–87,3	11,3(2,44)
Race	Monbéliarde	56	53,6	39,9–66,8	10,2(3,90)
	Croisée	396	52,2	47,5–57,5	9,2(3,60)
	Brune de l'Atlas	385	47,7	42,2–52,4	9,0(4,33)

Résultats

L'hypodermose bovine a été enregistrée dans les quatre wilayat d'étude, avec toutefois une grande variation entre les quatre. La séroprévalence la plus haute a été, en fait, trouvée à Tizi Ouzou (63.9%), qui appartient à la région humide, la plus basse étant celle de Bourdj Bou Arreridj (42.4%) faisant partie de la région semi-aride. L'analyse des résultats de l'ELISA indirect par la régression logistique, selon laquelle des bovins de Tizi Ouzou ont 3.02 fois plus de risques vis-à-vis du varron comparativement aux animaux de Bourdj Bou Arreridj, a donné lieu au tableau 12. En outre, la régression logistique binaire a révélé que d'autres facteurs tels que l'âge, le sexe et la race, sont également associés à la séroprévalence.

Tableau 12: Dernière étape de la régression logistique pratiquée sur les résultats de l'ELISA

Facteurs	Estimateur	S.E.	Valeur Z	P	OR*	Supérieure inférieure	95% IC pour OR
B.B. Arreridj	-	-	-	-	-	-	-
Bouira	0.2814	0.2845	1.377	0.1684	1.3249	0.8878	1.9773
Boumerdes	0.1071	0.2008	0.528	0.5976	1.1118	0.7500	1.6479
Tizi Ouzou	1.1071	0.2408	4.599	<0.001*	3.0257	1.8875	4.8501
Monbeliarde	-	-	-	-	-	-	-
Croisée	0.6045	0.4333	1.761	0.0783	1.8303	0.9339	3.5870
Local breed	0.9609	0.3582	2.683	0.0073*	2.6139	1.2955	5.2743
< 3 ans	-	-	-	-	-	-	-
3-5 ans	0.4594	0.1915	2.399	0.0164*	1.5833	1.0877	2.3842
> 5 ans	0.8623	0.2038	4.230	<0.001*	2.3685	1.5884	3.5316
Intensif	-	-	-	-	-	-	-
Semi extensif	2.8978	0.6096	4.754	<0.001*	18.1338	5.4904	59.8929
Extensif	4.3055	0.6714	6.412	<0.001*	74.1085	19.8763	276.3126

Les résultats sont en fonction de la première modalité de chaque facteur. OR= rapport des cotes. IC= intervalle de confiance. Ici la virgule est remplacée par point.

Résultats

Concernant l'âge, les bovins âgés de plus de 5 ans, en vertu de ce test, ont 2.36 fois plus de probabilités d'être séropositif que ceux ayant moins de trois ans. De même, les bovins de la race locale, avaient 2.61 fois plus de risques d'être sérologiquement positifs que ceux de la race Montbéliarde. Finalement, le bétail élevé sous un système extensif ou semi-extensif sont 74.10 et 18.13 fois plus exposés que ceux du système intensif, respectivement.

Le test CHAID a identifié le système d'élevage comme le facteur de risque majeur, puis vient l'âge. L'analyse de l'absence/présence de nodules sur le dos des bovins par la régression logistique (Tableau 13) a révélé les facteurs de risque suivants : localisation, l'âge, la race et le système d'élevage. Ces résultats sont, exception faite de l'âge, en parfait accord avec ceux de l'ELISA.

Tableau 13: Dernière étape de la régression logistique pratiquée sur les résultats de l'examen clinique

Facteurs	Estimateur	S.E.	Valeur Z	P	OR*	Supérieur 95% IC pour OR	Inférieur
B. B. Arreridj	-	-	-	-	-	-	-
Bouira	0.5416	0.2501	2.165	0.0383*	1.7188	1.052	2.8064
Boumerdes	0.5324	0.2504	2.126	0.0335*	1.7030	1.0424	2.7820
Tizi Ouzou	1.2641	0.2716	4.654	<0.001*	3.5397	2.0786	6.0276
< 3 ans	-	-	-	-	-	-	-
3-5 ans	-0.7391	0.2096	-3.527	<0.001*	0.4775	0.3166	0.7201
> 5 ans	-0.9060	0.2291	-3.955	<0.001*	0.4041	0.2579	0.6331
Monbeliarde	-	-	-	-	-	-	-
Croisée	0.3973	0.3852	1.031	0.3823	1.4877	0.6993	3.1652
Race locale	0.8755	0.4034	2.178	0.0299*	2.4000	1.0005	5.2913
Système intensif	-	-	-	-	-	-	-
Semi extensif	1.9234	0.7351	2.616	0.0088*	6.844	1.6201	28.9120
Extensif	3.6715	0.7712	4.761	<0.001*	39.3109	8.9713	178.2122

Ici la virgule est remplacée par point.

Résultats

En ce qui est de l'intensité d'infestation, celle-ci s'est échelonnée de 1 à 24 nodules, avec une intensité moyenne de 9,18 varons par animal infesté et un intervalle de confiance à 95% compris entre les limites inférieure et supérieure, 8,64 et 9,71, respectivement.

L'ANOVA à plusieurs facteurs a décelé des différences significatives entre les moyennes de charges parasitaires des mâles et des femelles ($P=0.002$), des différentes catégories d'âges ($P<0.001$), les femelles et les jeunes de moins de trois ans étaient les plus intensément infestés. Ce test a également révélé un effet très significatif du système d'élevage ($P<0.001$) sur l'intensité d'infestation. Enfin le test de corrélation des rangs de Spearman appliqué sur les bovins varonnés a objectivé une forte association ($\rho=0.4579$, <0.001) entre les valeurs des densités optiques DO obtenues par ELISA et le comptage des varons.

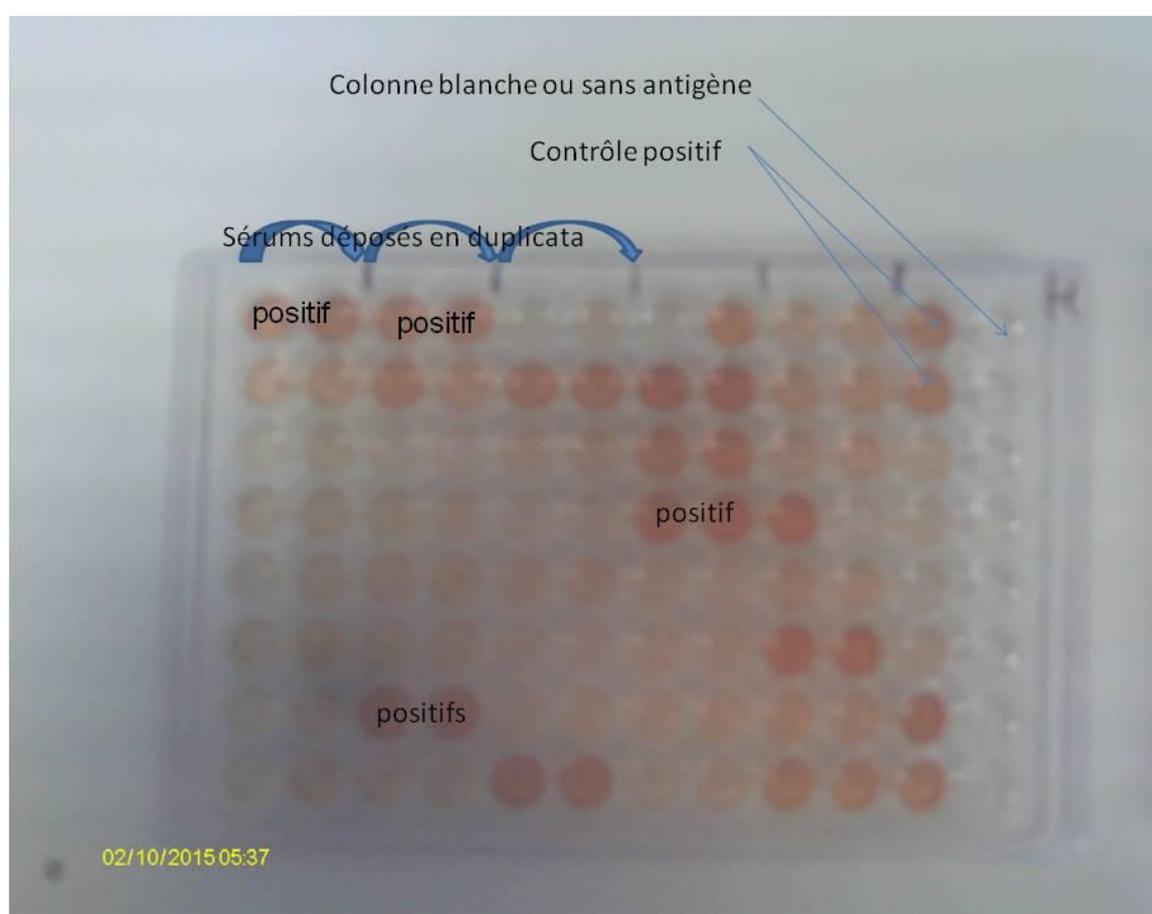


Photo 23 : Résultats étude sérologique, plaque ELISA dernière colonne non sensibilisée (originale, 2015)

Résultats

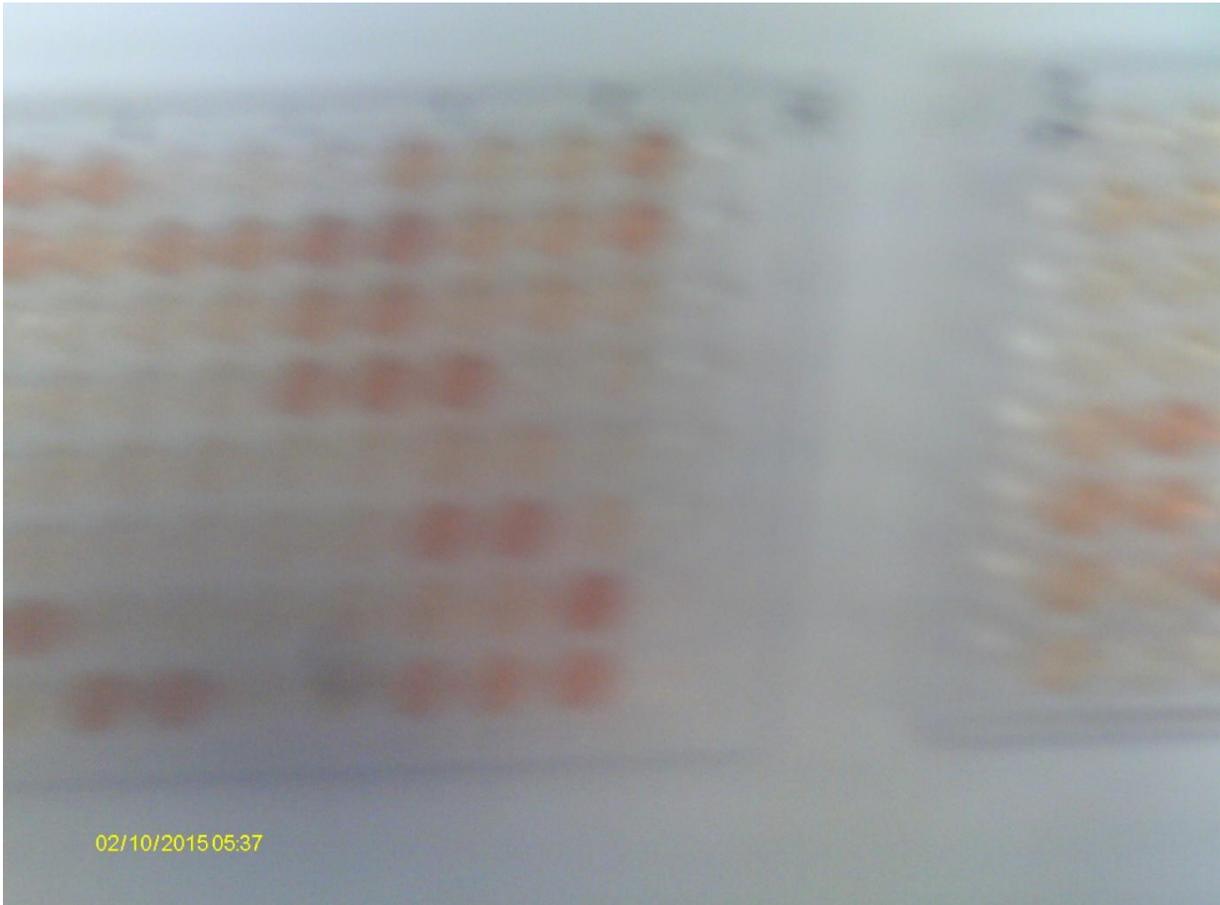


Photo 24 : Deux plaques ELISA (96 puits) avec plusieurs sérums positifs à l'hypodermose bovine (Originale, 2015)

Résultats

3.6. Comparaison des performances des différents diagnostics

La prévalence a été comparée dans les deux types de diagnostic, examen par palpation et comptage des varons et par ELISA indirect. Les résultats, par wilaya et pour les deux méthodes diagnostiques, sont consignés dans le tableau 14.

Pour éviter des confusions en comparant des années différentes, seuls sont pris en considération les résultats de prévalence et d'intensité d'infestation obtenus durant l'année 2014. En outre, il est préférable de comparer les deux méthodes diagnostiques sur les quatre wilayat où il y a des données complètes (Figure 11, tableau 14).

Tableau 14 : Comparaison des deux méthodes de diagnostic de l'hypodermose bovine.

Wilaya	Méthode d'estimation de la prévalence	
	Clinique	Par ELISA indirect
Bejaia	16,22%	/
Tizi Ouzou	37,83%	63,9%
Bouira	27,83%	44,6%
Boumerdes	23,72%	52,0%
Bourdj Bou Arreridj	16,46%	42,4%
Ain defla	19,07%	/
Tissmsilt	52,95%	/

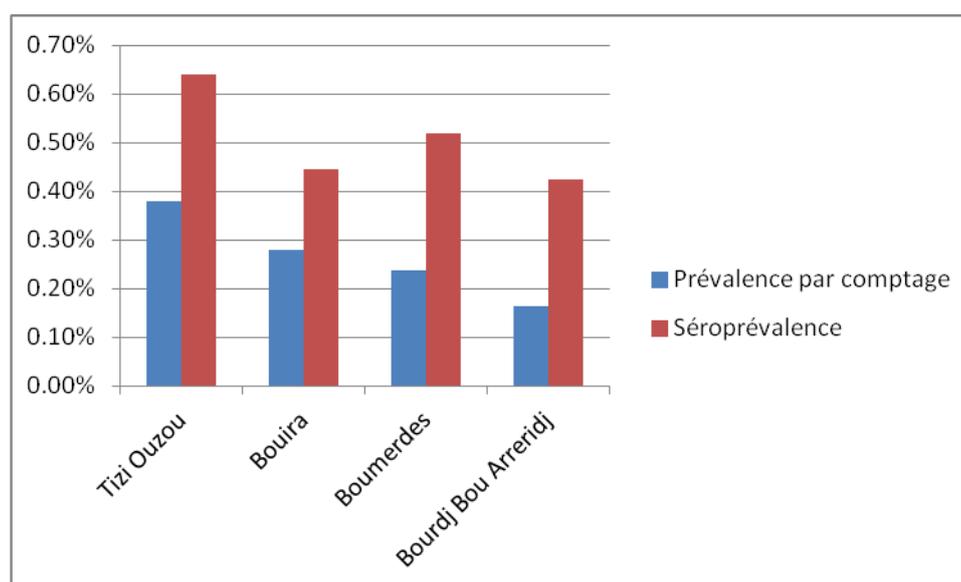


Figure 11 : Comparaison des 2 méthodes diagnostiques pour les 4 wilayat

Résultats

Le test Khi-deux révèle que les quatre wilayat diffèrent très significativement quant à leurs prévalences obtenues par les deux méthodes diagnostiques.

Par ailleurs la séropositivité globale pour l'ensemble des quatre wilayat, qui est de 49.8%, diffère grandement de la prévalence obtenue par la méthode comptage, même à un niveau de signification inférieur à un sur un million en vertu de l'application du test exact de Fischer ($X^2 = 291,398$, $dl=1$, $p=0,00000$). En termes de statistique inductive, il n'y a presque aucun risque à déclarer la différence entre les deux méthodes quant à la positivité vis-à-vis d'Hypoderma.

En résumé, par l'examen clinique et le comptage de varons, 215 bovins sur un total de 837 (25,69%) ont été trouvés positifs alors que 417 bovins étaient séropositifs à l'ELISA indirect, soit une séroprévalence globale de 49,82%.

En appliquant la formule dans le cas de grands échantillons : $P - 1,96\sqrt{PQ/n} < p_0 < P + 1,96\sqrt{PQ/n}$ on pourra assigner des intervalles de confiance à 95% pour la prévalence et la séroprévalence.

En effet, après calcul, la prévalence p_0 par la méthode de comptage se trouve dans l'intervalle de confiance $0,256 - 0,061 < p_0 < 0,256 + 0,061$, soit la prévalence clinique entre les limites de confiance 19,48 et 31,70%.

Similairement, pour la séroprévalence p_0 , celle est déterminée par : $0,498 - 0,066 < p_0 < 0,498 + 0,066$, ce qui revient à dire que la séroprévalence globale pour les quatre wilayat oscille entre 43,2% et 56,4%.

Ainsi, il n'y a aucun chevauchement des deux (2) intervalles de confiance pour les deux méthodes diagnostiques, par comptage de varons et par test immuno-enzymatique.

Résultats

3.7. Variations annuelles

976 bovins composant 55 élevages des deux wilayat Bejaia et Tizi Ouzou ont été visités mensuellement de 2012 à 2015, Chaque mois pendant toute cette période, les mêmes bovins à quelques exceptions près, ont été examinés visuellement et par palpation de la région dorsolombaire pour la recherche des nodules sous-cutanés. Durant la première année 2012-2013, 183 bovins des 976 étaient infestés, soit une prévalence annuelle de 18,75% Ce pourcentage d'animaux porteurs de varons a été calculé sur les 5 mois d'émergence des varons (de février à juin) pour éviter une estimation erronée de la prévalence au cas où celle-ci serait estimée sur 12 mois.

La prévalence, qui a été calculée pour chacune des trois années d'étude, a varié très significativement en fonction de l'année (figure 12). En fait, le test Khi-deux de Pearson a objectivé un effet annuel significatif sur la prévalence ou le pourcentage de bovins infestés sur le total examinés. En application du test Khi-deux de Pearson ($X^2 = 34,9776$, $dl=2$, $p < 0,001$), celui-ci a mis en évidence un effet annuel hautement significatif entre les deux premières années par rapport à la troisième alors que les deux premières ne diffèrent pas significativement au vu du résultat du test ($X^2 = 1,09393$, $dl=1$, $p = 0,295605$) une fois enlevée la 3^{ème}.

L'intensité, quant à elle, a enregistré des différences significatives en fonction de l'année. L'analyse de variance à deux facteurs (facteur mois et facteur année) a mis en évidence une différence statistiquement significative, avec une charge parasitaire qui diminue en fonction de l'année.

Tableau 15 : Évolution annuelle de la prévalence du varron

Année	Total	Positifs	Négatifs	Prévalence
2012-2013	976	183	793	18,75%
2013-2014	1113	229	884	20,57%
2014-2015	921	102	819	11,07%

Résultats

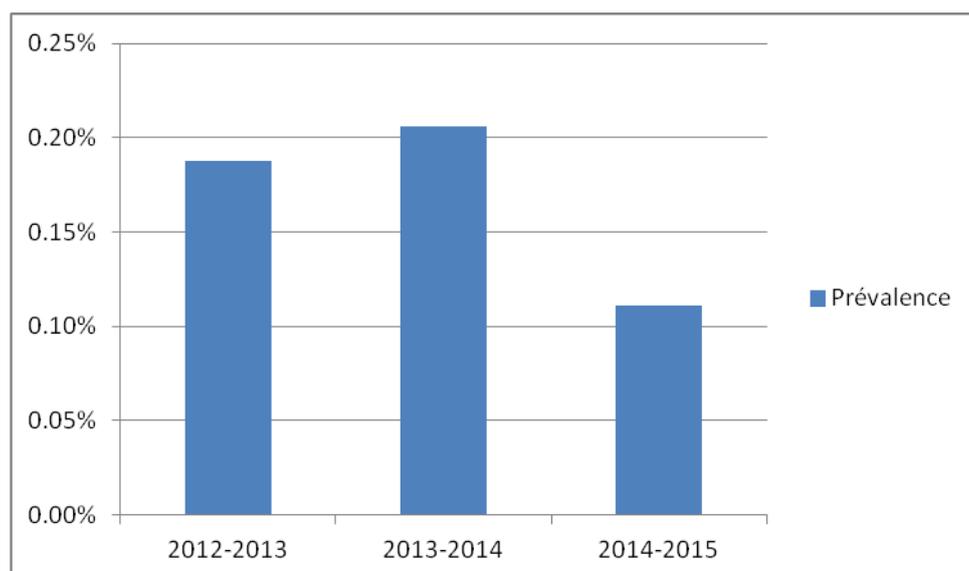


Figure 12 : Evolution annuelle de la prévalence d'infestation par *Hypoderma spp.*

La période d'apparition des premiers varons a légèrement changé. En effet, les premiers nodules sont apparus, respectivement, janvier, janvier, février, pour les trois années 2012-2013, 2013-2014 et enfin 2014-2015. Le pic d'émergence a été toujours enregistré en début avril. Dans tous les cas, il n'y a plus de varons dès mi-juin (Tableau 16 et figure 13).

Tableau 16 : Évolution annuelle et mensuelle du nombre moyen de varons

Mois		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
2012-2013	Nombre de cheptels atteints	2	13	17	17	15	1
	Nombre de bovins atteints	7	79	183	183	67	5
	Nombre moyen de varons	5,57	8,24	9,61	19,13	6,14	1,8
2013-2014	Nombre de cheptels atteints	1	9	21	21	7	1
	Nombre de bovins atteints	7	113	229	229	35	1
	Nombre moyen de varons	5	8,83	8,89	14,17	3,51	3
2014-2015	Nombre de cheptels atteints	0	2	19	19	9	2
	Nombre de bovins atteints	0	13	102	102	53	3
	Nombre moyen de varons	0	3,30	10,31	13,26	2,81	1,33

Résultats

Au vu du tableau 16 et de la figure 13, il apparaît clairement que le nombre de cheptels atteints, la proportion de bovins varonnés et l'intensité évoluent dans le même sens.

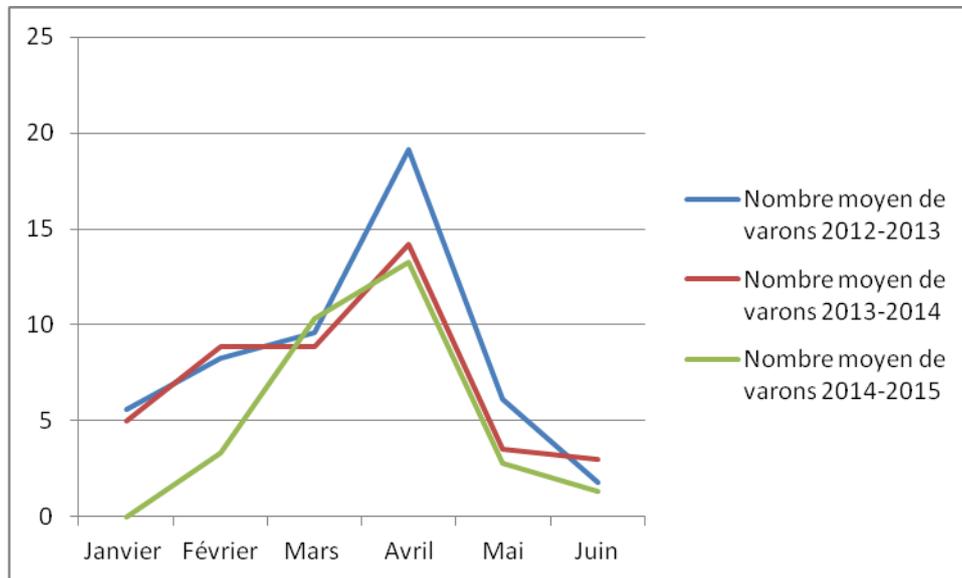


Figure 13 : Evolution de l'intensité d'infestation moyenne mensuelle pour les 3 années



Photo 25 : Vache de race croisée varonnée, élevage semi-extensif, Tizi Ouzou en janvier 2015



Photo 26 : Vache en système intensif, notons le pus s'écoulant des nodules et agglutinant les poils, Tizi Ouzou en février 2015



Discussion

4. DISCUSSION

4.1. Chronobiologie et périodes propices au traitement

Le cycle biologique des hypodermes comprend trois phases : une phase endoparasitaire, correspondant à l'évolution du stade 1 des deux espèces d'hypodermes, une phase ectoparasitaire représentée par le stade varon et enfin une phase de vie libre englobant la période nymphale et la période d'activité des mouches adultes.

La phase endoparasitaire débute avec la pénétration des larves L1 d'*Hypoderma sp.* à travers la peau de l'hôte jusqu'à leur arrivée dans la région dorsolombaire. Vu que l'arrivée des larves L₁ n'est pas synchrone pour toutes les larves, mais celles-ci y arrivent par vagues, la période endoparasitaire pour la région du Nord centre Algérien s'étale d'août à février.

La phase ectoparasitaire, appelée également période d'émergence ou arrivée des varons sous la peau, s'étend quant à elle, de novembre à début juin. Rappelons que la durée moyenne de séjours des varons est de 2 à 3 mois. Elle peut être parfois très courte, de 15 jours seulement (Benakhla, 1999).

La phase de vie libre englobe la phase nymphale qui, selon Zumpt (1965) varie de 17 à 38 jours pour *H. lineatum* et de 24 à 70 jours pour *H. bovis*, et la période d'activité du stade imaginal dont la longévité est de 3 à 7 jours. Elle s'étend de mars à juin. Enfin, l'observation des courses de chaleurs, montre qu'au nord centre Algérien, l'activité des adultes s'étend de mars à début juin. En effet, les signes cliniques témoignant du stade adulte ne s'étendent jamais jusqu'à juillet, ce qui prouve que les dernières nymphes n'arrivent pas à donner des imagos ; l'hypoderme est à la merci des conditions climatiques. Cozma (1995) explique que si l'incidence du varon est très variable à travers la Roumanie, c'est en raison des conditions climatiques variables ; le parasite a besoin d'une température tempérée et d'une humidité optimale pour se développer. Tarry (1980) explique que la pupaison devient impossible dès que la température s'élève à un certain niveau qui rend la terre impénétrable à la larve qui se laisse tomber. En effet, dans les régions subtropicales d'Asie comme le cas du Pakistan, le stade varon s'étend de septembre à janvier (Ahmed *et al.*, 2013), Dans les pays européens de la frange méditerranéenne et dans les pays du Maghreb, le cycle est en avance par rapport à la France, où les varons apparaissent d'avril à juin (Reina *et al.*, 1995).. Dans les pays du nord de l'Europe (Roumanie, Tchéquie, Slovaquie, Suisse, Pologne), les varons apparaissent plus tardivement (Boulard *et al.*, 1998).

Discussion

Les études réalisées au niveau de l'abattoir ayant permis de caractériser le cycle interne des hypodermes, le suivi de l'évolution des varons au niveau des élevages et du marché à bestiaux ont rendu possible la connaissance du cycle annuel du parasite, et par là même de déterminer les meilleures périodes d'intervention thérapeutique (Figure 13).

Ainsi, pour le traitement précoce ou préventif (figure 13), celui-ci se situe entre juillet et la fin septembre pour la région nord centre Algérienne. Les deux limites de ce type de traitement correspondent respectivement à la fin de l'activité des mouches adultes et au début d'apparition des premiers varons dans la région dorsale de l'animal, qui coïncide, dans notre étude, avec le début d'installation des larves L1 d'*H. bovis* au niveau du rachis. Rappelons que le traitement précoce vise à détruire les larves du premier stade avant leur arrivée dans la région dorsolombaire, prévenant ainsi les phénomènes de dépressions immunitaires mais également les lésions cutanées qui aboutissent à la perforation du cuir.

Le traitement tardif ou curatif (figure 13) qui s'attaque aux varons, c'est-à-dire aux stades L2 et L3, peut intervenir à partir de décembre. Cependant, il faut tenir compte dans le choix du médicament de la période de risque d'accidents qui s'étale d'octobre à début février, période qui correspond à la présence des larves d'*H. bovis* au niveau du canal rachidien. Il faut donc traiter à titre curatif de début février à mars en cas d'emploi de produits à effet systémique. Le traitement curatif, malheureusement ne prévient pas les pertes économiques, mais il n'agit qu'en réduisant les populations d'hypodermes au cours des prochains cycles.

Le contrôle, actuellement, s'oriente vers le traitement précoce qui a l'avantage d'être moins contraignant et permet très tôt de limiter l'incidence économique. Rappelons toutefois, que ce type de traitement entraîne des réactions secondaires évoquant des phénomènes d'hypersensibilité, des troubles respiratoires infectieux, et des cas d'entérotoxémie survenant quelque soit la molécule antiparasitaire utilisée (Boulard *et al* , 1991). Ces réactions sont liées à la destruction massive des grosses L1 fortement chargées d'hypodermes. Pour pallier ce phénomène, Benakhla (1993) préconise un traitement sur les jeunes L1 renfermant peu d'hypodermes. Dans le cas du nord centre Algérien, il a été montré que cette période se situe entre juillet et septembre. En effet, 95% des L1 au niveau du relais œsophagien mesurent moins de 11 mm; la taille maximale étant de 20 mm. Le nombre moyen de larves par œsophage est également minimale à cette période.

Discussion

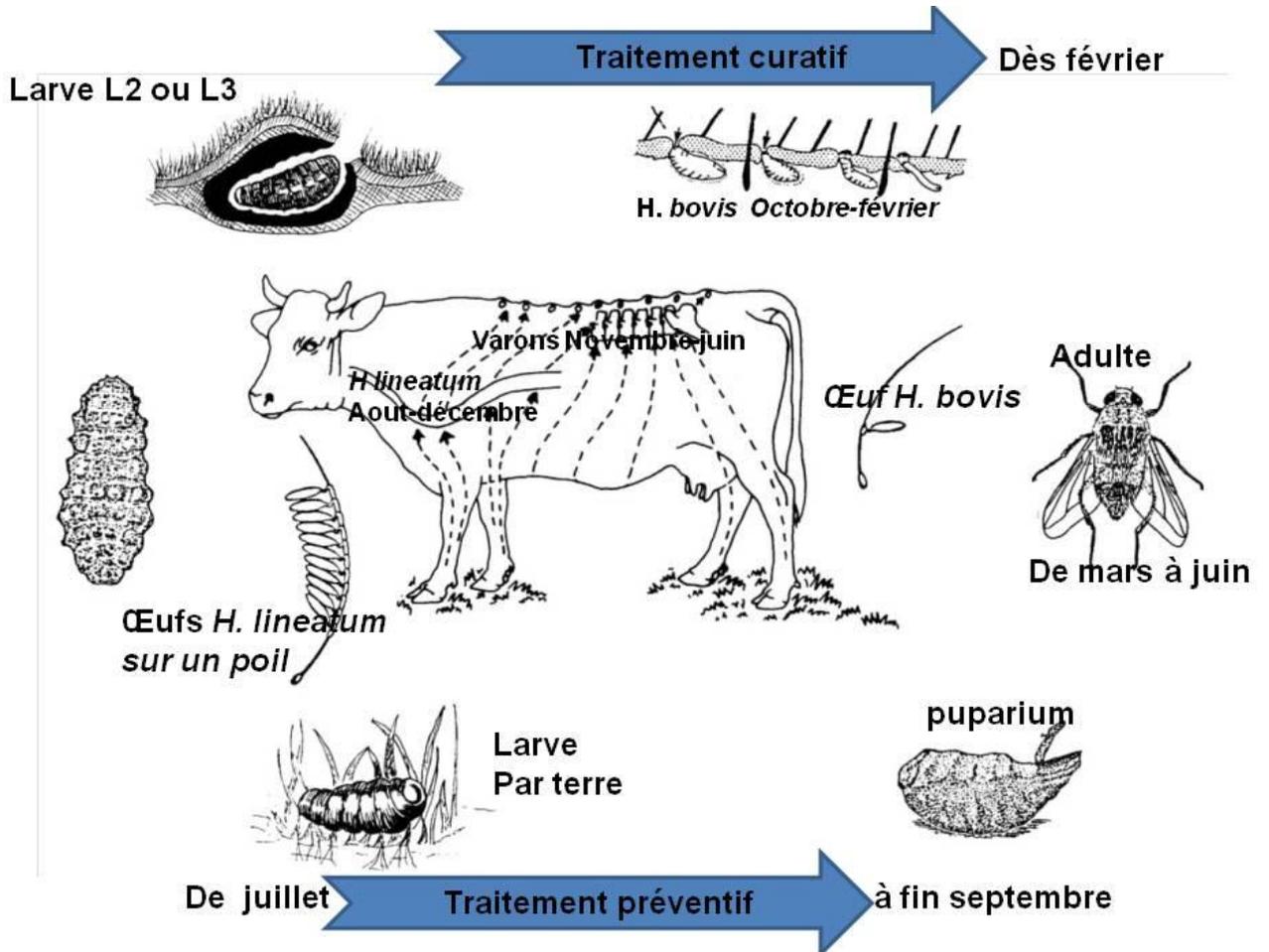


Figure 13 : Schéma du traitement pour la région nord centre Algérienne

4.2. Effet du climat

L'effet du climat combiné à d'autres facteurs de risque intrinsèques ou extrinsèques sur l'épidémiologie de l'hypodermose bovine dans le nord centre Algérien, a été exploré sur 1635 animaux appartenant à différents âges et races, mâles ou femelles. L'étude a porté sur deux types de climat, humide (Bejaia et Tizi Ouzou) et semi-aride (Ain defla et Tissemssilt).

En considérant la wilaya de provenance, on trouve que Bejaia est la moins infestée (16.21%) suivie par Ain Defla (19.08), puis Tizi Ouzou (24.79%), la plus infestée étant Tissemssilt (52.96%).

Similairement, comme dans notre étude sur l'effet du climat (Saidani et *al.*, 2016), Panadero et *al.* (2000) reportèrent, lors dans leurs investigation dans le nord de l'Espagne, que les basses prévalences avaient été enregistrées dans les provinces côtières caractérisées par une haute humidité relative et d'importantes précipitations comparativement aux provinces intérieures. La grande disparité entre les prévalences et l'intensité d'infestation des quatre wilayat pourrait s'expliquer par une différence de températures et de précipitations étant que les mouches *Hypoderma spp.* ne sont pas généralement actives dans l'obscurité, durant les jours pluvieux ou nuageux, durant les jours de neige ou lorsque le vent dépasse 8m/s (Anderson et *al.*, 1994).

Même si le climat a été reconnu pour avoir un effet significatif sur l'épidémiologie de l'hypodermose bovine dans le nord centre Algérien, ce facteur n'agit jamais seul mais en synergie avec d'autres facteurs aussi bien intrinsèques qu'extrinsèques (Saidani et *al.*, 2016).

Par ailleurs, le climat a une grande influence sur la distribution des deux espèces d'hypodermes, avec une prédominance d'*Hypoderma bovis* dans les régions au climat humide et l'inverse dans les régions semi-arides (Saidani et *al.*, 2016). Ces résultats sont en accord avec ceux de Benakhla et *al.* (1998). En effet, à Batna (climat semi-aride), 63 % des varons prélevés chaque semaine d'octobre à avril étaient des larves d'*H. lineatum*. À Jijel (climat humide), 25 % seulement de larves étaient de l'espèce à savoir *H. lineatum*. Par ailleurs, l'émergence des varons en zone semi-aride (Batna) est plus précoce, à partir d'octobre, qu'à Jijel (zone humide) à partir de novembre.

L'identification de l'espèce en cause au niveau de l'abattoir de Bejaia dans l'étude 2011-2012 décèle que la distribution des 2 espèces d'hypoderme est à peu près équivalente à Bejaia, avec une légère prédominance d'*H. lineatum* (52,23%), pourtant le climat y est humide, ce qui aurait favorisé la majorité d'*H. bovis*. Ceci est dû à un apport d'animaux des régions appartenant à d'autres étages bioclimatiques tel Sétif.

Discussion

La distribution des 2 espèces d'hypoderme n'est pas la même dans un même territoire. En effet, l'Amérique est plus représentée par l'espèce *H. lineatum*. (Hussein, 1997 ; Scholl, 1998). Même constat en Espagne (Martinez-Moreno et al., 1995, 1998 ; Reina et al., 1994 ; Panadero et al., 2007, 2013, 2015). L'espèce *H. bovis* est plus dominante en Roumanie (Cozma, 1995). Reina et al. (1994) n'ont pas trouvé de larves rachidiennes suite à leurs investigations au niveau de l'abattoir, ce qui implique l'absence de l'espèce *H. bovis*. Enfin, *H. bovis* est majoritaire en Italie (Rambozzi, 2006), en France (Boulard et al., 2002, 2008). Dans les pays d'Asie tels que le Pakistan, *H. lineatum* est l'espèce exclusivement présente (Ahmed et al., 2013). Concernant les pays voisins, les investigations de Jemli en Tunisie (1997) ont révélé la coexistence des deux espèces avec toutefois la prédominance d'*H. lineatum* tandis qu'au Maroc (Sahibi, 1997) les 2 espèces sont également présentes.

Il est crucial de connaître la distribution relative des deux espèces qui revêt une importance capitale, et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, on croit généralement que *H. bovis* infeste uniquement les cheptels bovins des pays du nord. Deuxièmement, l'impact de cette espèce sur la santé et le bien-être des animaux est beaucoup plus marqué que celui exercé par l'autre espèce, *H. lineatum* (Saidani et al., 2014). Enfin, *H. bovis* provoque plus de troubles et d'agacement aux animaux du fait qu'elle dépose ses œufs individuellement, ce qui l'oblige à s'approcher de l'animal plusieurs fois durant la ponte (Tarry, 1998). Ces détails sont à prendre en sérieuse considération avant tout plan de lutte contre le varon (Benakhla et al., 1993).

L'influence des facteurs climatiques et géographiques a été rapportée par Carpenter dès 1914 en Irlande puis confirmée aux USA par Bischopp et al. (1929), Scharff (1950), au Canada par Weintraub (1961), en République Tchèque par Minar (1984) et au Maroc par Sahibi et al. (1997). Cette variabilité géo- et chronobiologique nous impose de caractériser le cycle biologique avant le lancement de tout programme de lutte vis-à-vis des hypodermes (Saidani et al., 2011).

Suite aux différentes enquêtes, il a été caractérisé le cycle biologique des hypodermes en précisant les périodes endo- et ectoparasitaires. Ainsi, l'œsophage est infesté d'août à décembre alors que le canal rachidien l'est d'octobre à février et le stade varon s'observe de novembre à mai (enquête de l'abattoir) ou à juin (marché à bestiaux et fermes). Elles marquent un léger décalage par rapport à celles rapportées par (Benakhla et al., 1993) pour ce qui est des régions semi-arides du Nord Est algérien, Constantine, où les larves du premier stade d'*H. lineatum* ont été mise en évidence de juillet à décembre, celles d'*H. bovis* de fin septembre à mi-février, les varons ont été observés de fin septembre à fin mai.

Discussion

Les unes et les autres diffèrent foncièrement de celles décrites par Reina et *al.* (1998) pour l'Europe. Pour ceux-ci, les larves L1 d'*H. lineatum* se rencontrent dans l'œsophage d'avril à décembre pour l'Europe du sud, de septembre à mars pour les régions Nord Centre, de septembre à avril pour l'Europe de l'Est tandis que les larves rachidiennes s'observent respectivement de novembre à janvier, de janvier à mai et d'octobre à mai. Ils indiquent également que le stade varon a été décelé respectivement pour les trois différentes régions, d'octobre à mai, d'avril à août et de janvier à juillet ; l'activité du stade imaginal est elle aussi variable et s'étend de février à juin pour la première région et de mai à septembre pour les 2 dernières. Cela prouve une fois de plus que le climat et l'écomorphologie ou le relief influent sur le cycle, d'où la nécessité de le déterminer à l'échelle locale (Saidani et *al.*, 2011).

Il n'est pas superflu de noter que le cycle pourrait varier d'une année à une autre y compris dans une même région, ce qui a été remarqué pour le stade varon dans l'abattoir communal de wilaya. En effet les nodules ont été observés d'octobre à avril dans l'étude de 2006 (Saidani et *al.*, 2011) et de novembre à fin mai dans celle de 2012 (données non publiées).

4.3. Facteurs de risque

Dans la plupart de nos études surtout celle concernant l'effet du climat combiné à d'autres facteurs (Saidani et *al.*, 2016), il apparaît que l'âge, la race et surtout le système d'élevage exercent un effet significatif sur aussi bien la prévalence que l'intensité d'infestation. L'effet du sexe n'est pas constant, mais le plus souvent les femelles sont plus fréquemment varonnées que les mâles. Les bovins élevés sous un système extensif ont une centaine de fois plus de risques d'être infestés par *Hypoderma spp.* comparativement à ceux du système intensif.

Généralement le groupe des jeunes bovins sont moins fréquemment porteurs de varons, mais lorsqu'ils sont infestés ils le sont plus intensément que les plus âgés. Ainsi, l'âge est généralement inversement proportionnel à la prévalence mais proportionnellement lié à la charge parasitaire ou intensité d'infestation.

Ceci est en parfait accord avec les travaux de Benakhla et *al.* (1998) où la prévalence d'infestation de la catégorie des bovins de moins trois ans était la plus basse du fait qu'une proportion de ces animaux avaient moins d'un an, ils n'avaient donc eu aucun contact avec le parasite. Quant à la charge parasitaire, celle-ci évolue en diminuant avec l'âge en fonction du nombre de réinfestations. En effet, il a été mis en évidence une diminution graduelle de l'intensité d'infestation au cours de réinfestations sans pour autant s'annuler même pour les bovins âgés de plus de 8 ans. Ces résultats ne sont pas en contradiction avec ceux d'autres auteurs tels que (Gingrich, 1980, 1982) et Panadero et *al.* (2013). Selon ces auteurs, les bovins n'acquièrent une certaine résistance qu'après plusieurs réinfestations successives. Cette résistance relative est plus liée au nombre de réinfestations qu'à l'âge lui-même (Saidani et *al.*, 2014). Cette résistance est reconnue comme étant un important élément dans le contrôle des populations et dépend à la fois de l'âge de l'animal et du nombre de larves envahissant l'hôte (Baron et Weintraub, 1987). Il existe, cependant, peu de données concernant les mécanismes régissant cette protection inhérente à l'âge (Panadero et *al.*, 2009, 2013).

Si les femelles sont souvent plus fréquemment et plus lourdement infestées en comparaison des mâles du fait que celles-ci sont en système extensif (en pâturage), la production laitière étant tributaire du fourrage vert. En revanche, les mâles sont élevés dans un système intensif, plus propice à la production de viande, dans les parcs d'engraissement.

Concernant l'effet de la race sur l'intensité d'infestation, Charbon et Pfister (1992) estiment que cette différence relative à la race dépend de l'épaisseur de la peau, qui à son tour détermine la survie des larves L1 fraîchement écloses. Par contre, Panadero et *al.* (2000) considèrent que le facteur race dépend plutôt du système d'élevage du fait que la race

Discussion

détermine la vocation du bovin, laitier ou viandeux. Ainsi, la race « Rubia gallega », littéralement « blonde galicienne » est moins infestée étant une race à viande.

Le système d'élevage agit aussi bien sur la prévalence que l'intensité d'infestation (Saidani *et al.*, 2011, 2014, 2016).

Ces observations sont en parfaite concordance avec ceux d'autres auteurs. Vu la biologie des hypodermes, tant la prévalence que l'intensité d'infestation dépendent de la durée de temps passé par les bovins en pâturage (Benakhla *et al.*, 1993) du fait que les animaux mis à l'herbe ont plus de risques d'être en contact avec les mouches en ponte. D'autres chercheurs, également, ont identifié le système d'élevage extensif comme un facteur de risque majeur dans l'épidémiologie de l'hypodermose bovine (Khan *et al.*, 2006 ; Ahmed *et al.*, 2012, 2013 ; Zalla *et al.*, 2012).

Outre les facteurs précédemment abordés, il ne faut pas perdre de vue le facteur utilisation d'antihelminthiques et insecticides, même si, en Algérie, les bovins ne sont pas traités généralement contre le varon. Ahmed *et al.* (2012, 2013), Saidani *et al.* (2016) considèrent que le recours aux antiparasitaires comme l'un des facteurs principaux modulant l'épidémiologie de l'hypodermose bovine.

En résumé, les facteurs de risque sont en ordre décroissant d'importance, le système d'élevage, l'utilisation d'antiparasitaires, l'âge, la race et enfin le sexe.

4.4. Impact économique

L'hypodermose bovine, de par son allure insidieuse et son caractère peu spectaculaire, est une maladie qui ne suscite pas d'attention particulière chez nos éleveurs. Bien au contraire, la quasi-totalité la considère comme étant un état compatible avec un bon état de santé et d'entretien pour la bonne raison que l'apparition des nodules coïncide avec la période de mise à l'herbe.

En réalité, les dégâts provoqués par cette affection sont multiples. Outre les cas de paralysie par la compression larvaire de la moelle épinière et les cas d'entorse ou de luxation survenant lors des courses de chaleurs des bovins ou des saisies lors d'inspection à l'abattoir de pièces de boucherie (1 à 10 kg) (Euzéby, 1976), la maladie est responsable :

- d'une baisse des performances zootechniques (perte de poids et baisse de la production laitière) ;
- des effets défavorables de l'immunodépression ;
- dévalorisation des cuirs.

Concernant la perte en poids, des travaux ont été réalisés sur les variations de poids chez des bovins varonnés et des bovins indemnes ainsi que chez des animaux traités contre les hypodermes et des non traités. (Tapernoux et *al*, 1961) ont montré, dans une étude en France, que les individus ayant de 3 à 10 varons ont gagné en 6 mois, 102 ± 14 kg alors que ceux porteurs de 11 à 57 varons n'ont gagné que 84 ± 18 kg. Ces auteurs ont estimé que les pertes annuelles, pour un bovin très infesté, sont de 15kg pendant seulement la première période d'infestation, seule susceptible d'exercer des effets sur la croissance. Au USA, le gain moyen quotidien a été de 1,03 kg chez les animaux traités et seulement 0,89 kg chez les non traités (Ludwig et Buceck, 1966). Une évaluation des pertes relatives à la perturbation de la croissance et l'engraissement a pu être déterminée en Algérie.

Quant aux pertes en production laitière, Krull (1969) a évalué à 25% la réduction de production laitière aux USA durant la phase d'infestation des bovins par les hypodermes. Les fermiers britanniques et français ont estimé à 10 à 15 % la perte de production laitière (Beesley, 1974).

D'après les services vétérinaires de la wilaya de Jijel, les pertes nationales annuelles en cuir se montaient à 200.000.000 DZD, soit en lettres deux cents millions de dinars algériens.

Les pertes en production de viande étaient de 63.000.000 DA alors que celles en production laitière se chiffraient à 705.000.000 DZD.

Discussion

Ces pertes n'ont pas évolué vraiment en comparaison de celles indiquées par Benakhla (1999) en dépit d'une hausse dans les prix de viande, de lait et de cuir. Ceci s'explique par une baisse notable d'aussi bien l'intensité que la prévalence d'infestation par *Hypoderma spp.*

En effet, les prévalences et les intensités d'infestation, indifféremment de l'étude (Saidani et al., 2011, 2014, 2016a,b), ont montré un contraste notable par rapport à celles enregistrées par Benakhla et al. (1993, 1998, 1999).

Par ailleurs, en s'appuyant sur les détails récents apportés par Souames et al. (2015), on pourrait estimer les pertes économiques à plus de 450 millions de dinars algériens pour la seule production laitière !

Au même que d'autres pathologies parasitaires, infectieuses ou métaboliques, l'hypodermose bovine accentue surtout les pertes en lait (d'après les calculs plus de dix fois plus élevées que celles en viande). Cela exacerbe le déficit en lait, et pour résoudre ce problème l'Etat algérien tourne vers l'importation de poudre de lait ((Bourbouze et al, 1989; Mezani 2000). Devant l'augmentation de la demande en lait par la population et la cherté de la poudre de lait dans le marché mondial, la politique laitière algérienne a recouru à l'importation de vaches laitières afin de combler ce déficit (Madani et Moufok, 2008), malgré ces importations des races pures (Tarentaise, Normande...) mais l'élevage des bovins laitiers reste toujours insuffisant de réussir la production laitière (Bourbouze, 2001).

Il n'est pas superflu de préciser que ces pertes ont été, sans nul doute, sous-estimées du fait qu'il est si difficile d'estimer les pertes inhérentes à l'activité des mouches adultes. En effet, n'étaient prises en considération les pertes relatives aux blessures suite aux courses de chaleur, aux avortements et à la réduction du temps de pâturage (Saidani et al., 2014a).

4.5. Séroprévalence par ELISA indirect

L'étude sérologique de mai à début juillet 2014 et ayant porté sur 837 sérums bovins obtenus de quatre wilayat du nord centre algérien, Tizi Ouzou, Boumerdes, Bouira et Bourdj Bou Arreridj, a donné lieu à une séropositivité globale dans l'ensemble des 4 wilayat était de 49.8% (417 sur 837). Cela veut dire que presque la moitié des bovins de l'étude ont été en contact avec le parasite. Au même temps que la sérologie, d'autres facteurs intrinsèques (âge, sexe, race) et extrinsèques (localisation, système d'élevage) ont été pris en considération. Ainsi, tous bovins prélevés ont subi un examen clinique pour la recherche des varons et leur comptage. Une grande variabilité entre les séroprévalences des 4 wilayat a été enregistrée.

La cinétique des anticorps dirigés contre le varon a été bien étudiée chez les bovins. Il n'y a pas de persistance des anticorps d'une année sur l'autre (Boulard, 1996). C'est pourquoi nous considérons qu'un bovin sérologiquement positif au test ELISA peut être considéré comme parasité.

Bien que ce pourcentage de séropositivité ait été inférieur à celui enregistré en Espagne du nord-ouest en utilisant la même méthode diagnostique où 79% des animaux étaient positifs à *Hypoderma* (Panadero et al., 2007), la séropositivité était plus haute que celles d'élevages bovins de certains pays européens et asiatiques tels que la Turquie (38.6%, Simsek et al., 2008), Pakistan (17.4%, d'après Ahmed et al., 2013b), le pourcentage de séropositivité était 41.28% en Albanie (Otranto al., 2005), presque le même pourcentage (51.77%) avait été indiqué dans une province du nord de la Chine (Guan et al., 2005). Dans cette étude, les résultats prouvent que, bien que quelque peu modéré, l'hypodermose bovine sévit dans toutes les wilayat étudiées du nord centre Algérien. La plupart des cheptels bovins algériens sont concentrés en Algérie nordique et sont élevés sous les systèmes semi-extensifs voire extensifs, qui conviennent à la biologie du genre *Hypoderma*.

Les différents facteurs de risque intrinsèques et extrinsèques en relation avec la séropositivité à l'hypodermose bovine ont été analysés par la régression logistique. Les bovins de plus de 5 ans ont été trouvés plus sujets à l'hypodermose bovine contrairement à ceux de moins de 3 ans, et dans une moindre mesure par rapport aux bovins d'entre trois et cinq ans, qui ont une séroprévalence intermédiaire entre les deux catégories. Il paraît logique que la séroprévalence augmente avec l'âge en sens inverse par rapport à la charge parasitaire (Benakhla et al., 1998) impossible à évaluer par sérologie.

Relativement à l'effet de la race sur la séropositivité, les bovins de la race locale, avaient 2.61 fois plus de risques d'être sérologiquement positifs que ceux de la race Montbéliarde.

Discussion

Cela ne s'explique en aucun cas par une sensibilité plus marquée de la brune de l'Atlas (race locale) étant donné que d'après Benakhla *et al.* (1998) les races importées sont plus réceptives en comparaison des races autochtones.

Si les femelles, du moins dans cette étude, ont une séroprévalence plus élevée que les mâles, cela s'explique par le fait que dans le nord Algérien les femelles, génisses ou vaches laitières, sont le plus souvent maintenues dans un élevage semi-extensif ou extensif, lesquels favorisent l'exposition aux mouches adultes.

En outre, le bétail élevé sous un système extensif ou semi-extensif sont 74.10 et 18.13 fois plus exposés que ceux du système intensif, respectivement. Vu la biologie des mouches adultes qui n'entrent ni dans les étables ni dans les zones (Tarry, 1998), les animaux en pâturage sont de toute évidence plus exposés à l'infestation par les hypodermes. Ces résultats sont en complet accord avec ceux de plusieurs auteurs (Panadero *et al.*, 2000; Saidani *et al.*, 2011, 2014; Ahmed *et al.*, 2012, 2013a; Zalla *et al.*, 2012) qui ont identifié le système d'élevage extensif comme étant un facteur de risque majeur agissant à la fois sur la prévalence et l'intensité d'infestation.

Le test de corrélations de Pearson et celui de corrélation de rang de Spearman appliqués sur les animaux cliniquement positifs ont identifié un lien positif élevé entre la densité optique (elle-même dépend des titres d'anticorps) et la charge parasitaire, bien qu'une absence de corrélation entre les niveaux de circulation d'anticorps et le nombre de larves ayant réalisé leur cycle biologique ait été rapporté (Pruett et Barrett, 1985). Néanmoins, Panadero *et al.* (2013) ont trouvé une corrélation positive entre les niveaux d'IgG et l'intensité d'infestation à différents points de temps au cours de l'infection.

D'ailleurs, l'augmentation du nombre de cellules B locales dans des infestations secondaires a été accompagnée d'une augmentation en cellules plasmatiques B Ig G+ (López *et al.*, 2005), suggérant que l'immunité humorale puisse jouer un rôle significatif dans l'immunité de bovins vis-à-vis de cette myiase.

Hypodermose bovine a été étudiée dans plusieurs pays par des méthodes sérologiques, par les méthodes immunohistochimiques et enfin par biologie moléculaire (Webster, 1997 ; Vazquez *et al.*, 2012)).

La méthode d'ELISA est employée dans de nombreux pays dans le diagnostic de l'hypodermose bovine, parce que, elle a l'avantage qu'elle peut être appliquée à beaucoup d'animaux rapidement et facilement. Cet test est également relativement bon marché et il peut employer pour des pools de lait ou de sérums dans le cadre d'un diagnostic de cheptels.

Discussion

D'ailleurs, les mêmes sérums ont servi au diagnostic de la rhinotrachéite bovine (abrégée IBR) et de la maladie des muqueuses.

Dans un plan d'éradication de l'hypodermose bovine, une surveillance sérologique est d'une grande importance, spécialement dans les régions à faible prévalence vu sa haute sensibilité de nature à détecter les foyers résiduels d'hypodermose bovine.

4.6. Les différents diagnostics

La prévalence a été comparée dans les deux types de diagnostic, examen par palpation et comptage des varons et par ELISA indirect.

Toutes les prévalences par diagnostic clinique, autrement dit par examen dorso-lombaire et comptage de varons des quatre années d'un côté et les séroprévalences des mêmes années, comparées par paires, diffèrent très significativement.

Par ailleurs la séropositivité globale pour l'ensemble des quatre wilayat, qui est de 49.8%, diffère grandement de la prévalence obtenue par la méthode comptage, même à un niveau de signification inférieur à un sur un million en vertu de l'application du test exact de Fischer ($X^2 = 291,398$, $df=1$, $p=0,00000$). En termes de statistique inductive, il n'y a presque aucun risque à déclarer la différence entre les deux méthodes quant à la positivité vis-à-vis d'Hypoderma.

La méthode clinique par palpation est utilisée pour l'évaluation de l'intensité de l'infestation par les hypodermes tout au long de la période d'apparition des nodules (Argenté *et al.*, 1998 ; Ahmed *et al.*, 2013b). Le test ELISA est employé pour détecter les anticorps circulants dans le sérum des animaux infestés, servant ainsi au diagnostic de l'hypodermose bovine (Boulard, 2002 ; Otranto, 2001). La base de ce diagnostic est l'emploi d'hypodermine C comme antigène (Panadero *et al.*, 1997). En France, Charbon a rapporté le degré plus élevé de la sensibilité et de la spécificité, 92.2% et 98.1%, respectivement dans du test immuno-enzymatique d'ELISA (Charbon *et al.* 1995).

Nos résultats de sensibilité et de spécificité, 92.3% et 94.1%, respectivement sont très proches de ceux ayant utilisé l'hypodermine C. Webster *et al.* (1997) ont décrit le test ELISA compétitif qui jouit surtout d'une parfaite sensibilité voisine de 100% et d'une spécificité de 92%. Durant ces dernières années, les méthodes immuno-diagnostiques ont été grandement améliorées augmentant leur sensibilité de manière à permettre d'éviter d'examiner les bovins plusieurs fois en ante mortem ou au niveau des abattoirs en post-mortem (Otranto, 2001).

Ainsi, en recourant au diagnostic par palpation et comptage de varons, on ne pourrait écarter une possibilité d'une sous-estimation de la prévalence (Khan *et al.*, 2006). Le fait que tous les animaux positifs cliniquement le sont également par la méthode ELISA prouve que celle-ci est un très bon outil diagnostique tout particulièrement dans les régions où la prévalence est inconnue (Otranto *et al.*, 2005). Par ailleurs, cette méthode diagnostique a démontré l'hypodermose bovine est largement distribuée dans la région nord Algérienne.

Discussion

Mais, le test ELISA ne permet pas d'estimer l'effet des différents facteurs de risque sur l'intensité d'infestation ou la charge parasitaire.

Enfin, dans notre étude, la séroprévalence était presque le double de la prévalence évaluée visuellement et par palpation.

4.7. Effet annuel

Quatre points importants méritent d'être discutés, la prévalence annuelle, l'intensité d'infestation ou la charge parasitaire, le mois d'apparition des premiers varons et enfin la prévalence cheptels.

La prévalence, qui a été calculée pour chacune des trois années d'étude, a varié très significativement en fonction de l'année. En fait, le test Khi-deux de Pearson a objectivé un effet annuel significatif sur la prévalence ou le pourcentage de bovins infestés sur le total examinés. En application du test Khi-deux de Pearson ($X^2 = 34,9776$, $dl=2$, $p<0,001$), celui-ci a mis en évidence un effet annuel hautement significatif entre les deux premières années par rapport à la troisième alors que les deux premières ne diffèrent pas significativement au vu du résultat du test ($X^2 = 1,09393$, $dl=1$, $p=0,295605$) une fois enlevée la 3^{ème}. En résumé, les deux premières années ne diffèrent pas significativement entre elles, ce qui rejoint les résultats de Benakhla et *al.* (1998). Quant à la différence entre la dernière année et les deux premières quant à la prévalence, cela pourrait s'expliquer par deux raisons distinctes. Premièrement, une composante exogène, la vente d'une partie des bovins comme conséquence de la cherté de l'aliment d'une part et l'instauration du traitement endectocide d'autre part. Deuxièmement, il faudrait relier également la baisse de prévalence de la dernière année à l'effet des conditions climatiques sur l'épidémiologie des hypodermes (Saidani et *al.*, 2016). Ainsi, Tarry (1980) en Grande Bretagne avait démontré que l'ensoleillement favorisait la survie des adultes d'hypoderme et que les années pluvieuses avaient un retentissement négatif sur les taux d'infestation l'année suivante. Or, l'année 2014 a été particulièrement pluvieuse, ce qui aurait réduit la prévalence de l'année 2015.

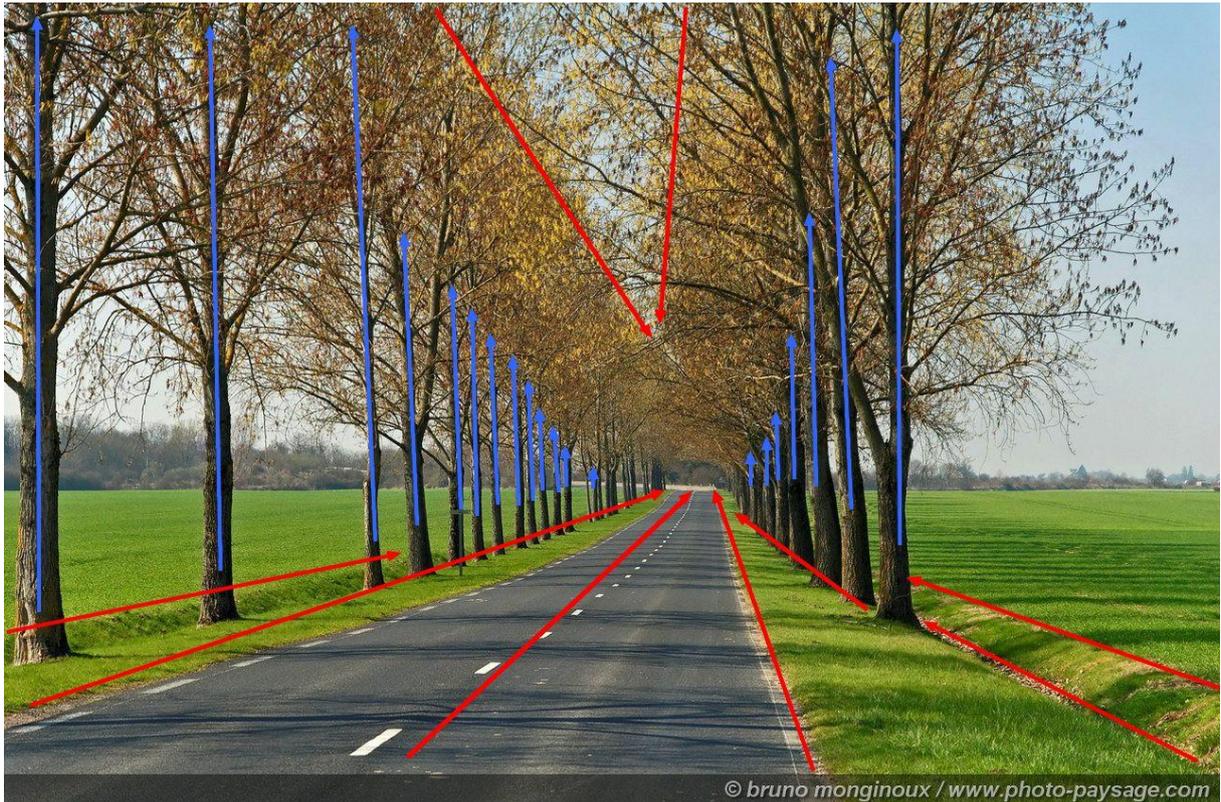
L'intensité, quant à elle, a enregistré des différences significatives en fonction de l'année. L'analyse de variance à deux facteurs (facteur mois et facteur année) a mis en évidence une différence statistiquement significative, avec une charge parasitaire qui diminue d'année en année. Cela rejoint parfaitement les résultats de Benakhla et *al.* (1998). En fait, ces chercheurs, qui ont étudié l'évolution de la charge parasitaire en fonction du nombre de réinfestations au cours de quatre années consécutives sur un même groupe d'animaux, ont noté une augmentation d'année en année de la durée du stade endoparasitaire, et une période d'émergence des nodules de plus en plus tardive au cours des réinfestations successives. Il a été également noté dans cette étude une diminution graduelle de l'intensité d'infestation au cours de réinfestations successives confirmant les observations de Breyev (1967). Dans notre

Discussion

étude, la charge parasitaire a diminué avec l'âge sans pour autant assurer une protection complète liée à l'âge (Benakhla et *al.*, 1998, Saidani et *al.*, 2016). En effet, des animaux de plus de 10 ans ont été trouvés infestés.

La période d'apparition des premiers varons a légèrement changé. En effet, les premiers nodules sont apparus, respectivement, janvier, janvier, février, pour les trois années 2012-2013, 2013-2014 et enfin 2014-2015. Le pic d'émergence a été toujours enregistré en début avril. Dans tous les cas, il n'y a plus de varons dès mi-juin.

L'effet du climat se répercute également sur le cycle biologique. L'émergence des varons et le stade imaginal sont plus précoces en zone semi-aride qu'en zone humide. Par ailleurs, en zone semi-aride, les cycles parasitaires des deux espèces étaient bien individualisés. C'est ainsi que dans le cas des wilayat de Bejaia et Tizi, région humide, on n'a observé qu'un seul pic d'intensité en avril.



Conclusions et
perspectives

5. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Quoi qu'il en soit, l'importance économique de l'hypodermose justifie pleinement la nécessité d'une lutte contre cette myiase. L'incidence de l'hypodermose est certes relativement faible dans le nord centre Algérien, contrairement à ce qu'elle est dans l'Est algérien, ainsi qu'en témoignent les travaux de Benakhla et *al*, de 1990 à 1999. Mais, ces faibles incidences, il ne faut pas s'y méprendre, ne sont dues, comme nous l'avons expliqué, qu'au type d'élevage caractérisant la production bovine des ces wilayat ainsi qu'une forte pression thérapeutique par les avermectines surtout.

L'importance de la prévalence qui affecte, dans certaines régions de l'Algérie 100% des cheptels justifie la nécessité de mise en place d'une prophylaxie vis-à-vis de cette maladie. Toutefois la définition des moyens de surveillance épidémiologique, la caractérisation du cycle biologique et la précision des méthodes de contrôle constituent un préalable incontournable à tout programme de lutte. Le seul fait de passer en revue les quelques plans de lutte appliqués dans le monde nous rend compte sur les conditions d'organisations indispensables à la réussite d'un plan de lutte.

L'évaluation sur le terrain de l'efficacité des molécules antihypodermocides disponibles et dans le contexte algérien (sous les conditions de terrain qui prévalent en Algérie) confirme l'excellente activité des insecticides du groupe des macrolides et à degré moindre les organophosphorés et ceux d'origine végétale. La conduite d'essais ponctuels de contrôle dans différents élevages à Jijel et El Tarf a permis l'adoption de la microdose dans les programmes de lutte à venir. Par ailleurs, la réduction des interventions, sur tous les bovins d'un territoire suffisamment grand, à une seule application aboutira à l'éradication de la maladie et à très faible coût, pour peu que certaines conditions d'ordre organisationnel soient réunies, à savoir :

- Instauration d'une législation rigoureuse
- Identification des cheptels
- Bonne coordination des structures sanitaires
- Sensibilisation des éleveurs.

Enfin, une action conjointe avec les pays voisins, le Maroc et la Tunisie, serait extrêmement fructueuse du moment que ces pays possèdent de nombreuses analogies avec l'Algérie, dont les conditions bioclimatiques et d'élevage. En outre, la présence de barrières naturelles, mer au nord et désert au sud, facilitera grandement cette tâche.

Conclusion générale et Perspectives

Toutefois l'éradication de l'hypodermose bovine a soulevé un certain nombre de questions scientifiques inhérentes principalement au problème de résidus dans les produits d'origine bovine, lait et viande, à l'éventuelle apparition de résistances contre la microdose d'Ivermectine et enfin à l'impact sur l'écosystème.

Cependant, toutes ces interrogations ont été traitées et résolues au cas par cas. En effet, Charbon *et al.* (1994, 1995) ont démontré, suite à leur étude sur le fromage de marque Emmental, lequel semble plus sensible aux facteurs externes, que ni le Néguvon en pour-on ni l'ivermectine par voie orale ou en pour-on n'ont un effet négatif sur la qualité du fromage provenant des animaux traités par ces produits dans le cadre de la lutte contre le varon. Enfin, Cassard (1994), ayant étudié l'impact de l'utilisation systématique du Néguvon chez des vaches en lactation sur la qualité du fromage, démontre que cet insecticide n'entraîne pas de modifications mesurables ni dans le lait ni dans le processus technologique de fabrication du fromage.

Deuxièmement, la question liée aux risques très improbables de résistances pouvant être encourus par l'emploi généralisé de microdoses d'ivermectines. Cet aspect doit être expliqué dans notre pays. Les mécanismes physiologiques d'apparition des résistances chez les parasites n'ont rien avoir avec ceux des bactéries qui impliquent une transmission de plasmides de résistances aux antibiotiques d'une bactérie résistante à une bactérie sensible (Terki, 2002) ; les phénomènes de résistances chez les parasites sont provoqués par l'emploi de doses subléthales d'antiparasitaires, dont l'efficacité est comprise entre 80 % à 90 %. Ces doses détruisent les populations de parasites ayant un génome sensible à l'antiparasitaire tout en laissant subsister les individus ayant un ou des gènes de résistances à cet antiparasitaire. On parle de mécanisme de sélection, qui conduit à utiliser des doses de plus en plus élevées pour contrôler la nouvelle population de parasites résistants. Au contraire avec ces microdoses, un pourcentage très réduit des populations sensibles d'helminthes est détruit, le génome sensible à l'antiparasitaire est maintenu, ce qui exclut l'éventualité de sélection de résistance. En outre, ces phénomènes de résistance émergent toujours suite à des traitements répétés (Kaplan, 2002), ce qui n'est pas le cas dans la lutte contre l'hypodermose où l'intervention thérapeutique est annuelle, et durant quelques années seulement (les traitements obligatoires sont suspendus dès qu'on aboutit à une région assainie).

Par ailleurs, la réalité du terrain montre que l'argument de résistances dues à l'emploi de microdoses n'a aucun fondement scientifiques puisque depuis plus de 10 ans des microdoses

Conclusion générale et Perspectives

sont employées dans la prophylaxie du varons sur de 2 à 4 millions de bovins sans induire le moindre signe de résistance (Benakhla et *al.*, 1995).

Troisièmement, l'impact néfaste de l'emploi des avermectines sur les diptères impliqués dans la dégradation des matières fécales n'est plus à prouver. En effet, cette dégradation s'en trouve retardée d'au moins 4 semaines (Liebisch, 1994) Le retentissement de l'emploi de la microdose d'ivermectine dans le traitement de l'hypodermose sur les coléoptères responsables de la dégradation des bouses de vaches est en cours d'étude en Algérie.

Enfin, il n'est pas judicieux de perdre de vue que les risques d'accidents inhérents aux traitements préventifs contre le varon constituent un des arguments des adeptes de l'agriculture biologique. En effet, dans la littérature au cours des années 30, il a été fait état chaque année d'accidents consécutifs au traitement. Les travaux de Boulard et *al.* (1991) ont montré qu'il s'agissait d'hypersensibilité étroitement liée à la taille des larves. La croissance des larves s'accompagne d'une accumulation d'antigène et de toxines dans son tube digestif. En conséquence Boulard *et al.* (1991_a) recommandent de traiter contre les hypodermes le plus tôt possible. Benakhla et *al.* (1993) ayant caractérisé l'évolution interne du parasite en Algérie ont justifié leur choix des périodes de traitements, qui sur 2000 bovins n'ont jamais été suivis d'accidents bien qu'il s'agisse de régions très parasitées (80 % de bovins parasités avec une intensité de 16 varons par animal infesté).

Enfin, que représente ce risque éventuel d'accidents, qui est toujours dû au mauvais choix de la période du traitement, auprès des pertes économique infligés aux productions de viande, de lait, de cuir ; devant les accidents causés par les courses de chaleurs (entorses, fractures, boiteries, avortements) ; les fragilisations immunitaires dues aux sécrétions larvaires et même au stress du stade imaginal ? Merlot et *al.* (2004) ont étudié les conséquences du stress sur la fonction immunitaire des animaux d'élevage. En effet, le stress entraîne la sécrétion par l'organisme de glucocorticoïdes, qui sont de puissants immunodépresseurs.



*Références
bibliographiques*

6. BIBLIOGRAPHIE

ABUL-HAK, J., 1973. Seasonal occurrence of *Hypoderma* spp. (Diptera: Oestridae) warble flies on cattle in Baghdad area, Iraq. *Bulletin of Endemic Diseases*, 14, 73-81.

AHMED H., KHAN M.R., PANADERO R., LOPEZ C., IQBAL M.F., NAQVI S.M.S., QAYYUM M., 2012. Geographical distribution of hypodermosis (*Hypoderma* sp.) in northern Punjab, Pakistan. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* 18 (Suppl. A), A215–A219.

AHMED H., KHAN M.R., PANADERO R., LOPEZ C., ASIF S., IRFAN M., MAZHAR, Q., 2013. Influence of Epidemiological Factors on the Prevalence and Intensity of Infestation by *Hypoderma* spp. (Diptera: Oestridae) in Cattle of Potowar Region, Pakistan. *Pakistan Journal Zoology*, 45, 6, 1495-1500.

ALVINERIE M., LACOSTE E., SUTRA J.F., CHARTIER C., 1999, Some pharmacokinetic parameters of eprinomectin in goats following pour-on administration. *Vet Res Commun* 23, 449-455.

ANDERSON J.R., NILSSEN A.C., FOLSTAD I., 1994. Mating behavior and thermoregulation of the reindeer warble fly, *Hypoderma tarandi* L. (Diptera: Oestridae). *J Insect Behaviour*, 7, 679-706.

ARAUJO-CHAVERON N., CHARBON J.L. & PFISTER K., 1994. Influence of hypodermosis on incidence of other disease in cattle. In: K. PFISTER, J. L CHARBON, D.W. RARRY & K. PITHAN (Eds.). *Improvements in the control methods for warble fly in livestock*. Brussels: COST 811, European Commission, 121-126.

ARGENTÉ G., HILLION E., 1984 Utilisations de petites doses d'Ivermectine pour le traitement préventif de l'hypodermose bovine. *Le Point Vétérinaire*, 16, 85, 62-66.

BALKAYA I., SIMSEK S., SAKI C.E., 2010. A serological and molecular survey of cattle hypodermosis in east-Turkey. *Veterinary Parasitology*, 173, 287–291.

BARRETT, C.C., 1981. A new technique for collecting cattle grub larvae. *The Southwestern Entomologist*, 6, 144-146.

BARON, R.W., 1990. Cleavage of purified bovine complement component C3 in larval *Hypoderma lineatum* (Diptera: Oestridae) hypodermis. *Journal of Medical Entomology*, 27, 5, 899-904.

BARON, R.W.; COLWELL, D.D., 1991. Enhanced resistance to the grub infestation (*Hypoderma lineatum* de Vill.) in calves immunized with purified hypodermin A, B and C plus monophosphoril lipid A (MPL). *Veterinary Parasitology*, 38, 185-197.

BARON, R.W.; WEINTRAUB, J. 1987. Lymphocyte responsiveness in cattle previously infested and uninfested with *Hypoderma lineatum* (De Vill.) and *Hypoderma bovis* (L.) (Diptera: Oestridae). *Veterinary Parasitology*, 21, 43-50.

BARRETT, C.C., 1981. A new technique for collecting cattle grub larvae. *The Southwestern Entomologist*, 6, 144-146.

BEESLEY, W.N., 1962. Observations on the development of *Hypoderma bovis* De Geer (Diptera, Oestridae) in the bovine host. *Research in Veterinary Science*, **3**: 203-208.

BEESLEY, W.N., 1966. Further observations on the development of *Hypoderma lineatum*, Villiers and *Hypoderma bovis*, de Geer (Diptera: Oestridae) in the bovine host. *British Veterinary Journal*, **122**: 91-98.

BEESLEY W. N. 1974. Economics and progress of warble fly eradication in Britain. *Revue de Médecine vétérinaire*, 4,334-47

BEESLEY W.N., 1982. Symposium in warble fly control in Europe Brussels.

BELKAID M., ZENAIDI N., HAMRIOUI B., TABET DERRAZ O. & CHELLALI A., 1999. Cours de parasitologie : Helminthiases. Réimpression. Ben-Aknoun (Alger) : OPU. 212 p.

BELLI P. & LAVAL A., 1981. Apparition de troubles paralytiques chez les broutards charolais faisant l'objet d'une infestation massive par les larves d'hypodermes. *Rec. Méd. Vét.* , 132,1. 63-66.

BENAKHLA A., BENCHEIKH-LEFGOUN M. C., ZINE C. & SEDRAOUI S., 1990. L'hypodermose bovine dans l'Est Algérien : Fréquence et incidence économique. Etude préliminaire. *Maghreb vétérinaire*, 21, 13-17.

BENAKHLA A. & SEDRAOUI S., 1991. Conduite d'une prophylaxie des hypodermes des Bovins : Modalités pratiques. In : *Revue de l'université de Constantine Sciences et Technologie* n° 2. P. 13-18.

BENAKHLA A. & BOULARD C., 1992. L'hypodermose bovine en Algérie : réflexions sur la mise en place d'un projet de contrôle. In: Gasca A., Hernandez S., Martinez J. & Phitan K. (Eds.). *Improvements in the control methods for warble fly in livestock*. Brussels: COST 811, European Commission, 77-84.

BENAKHLA A., BOULARD C., MEKROUD A. & SEDRAOUI S., 1993. Étude comparative de l'activité hypodermicide de l'ivermectine, du fenthion, du trichlorfon et de la roténone vis-à-vis des varons. In : LOSSON B., LONNEUX J.F. & PHITAN (Eds.).

BENAKHLA A., MEKROUD A. & BOULARD C., 1994. Hypodermose bovine en Algérie : essai d'assainissement par l'emploi de l'Ivomec® en Microdose, du Neguvon® et de la roténone TIKIZID®. In: K. PFISTER, J. L CHARBON, D. W. RARRY & K. PITHAN (Eds.). *Improvements in the control methods for warble fly in livestock*. Brussels: COST 811, European Commission, 135-140.

BENAKHLA A., BOULARD C., MEKROUD A. & GUETATLIA C., 1995. Observations préliminaires sur la distribution et la biologie des hypodermes avant le lancement d'un plan de lutte. In: D.W. Tarry, K. Pithan and K. Webster (Eds.). *Improvements in the control methods for warble fly in livestock*. Brussels: COST 811, European cooperation in the field of scientific and technical research, 77-86.

BENAKHLA A., JEMLI M., SAHIBI H. & BOULARD C., 1998. Bovine hypodermosis in Maghreb. In: Cost 811, *Improvements in control for warble-fly in cattle and goats*. ISBN 92-828-2604-X. Proceedings of the annual meeting held in Tours, France

BENAKHLA A., LONNEUX J.F., MEKROUD A., LOSSON B. & BOULARD C., 1999. Hypodermose bovine dans le Nord est algérien : prévalence et intensité d'infestation, *Veterinary Research*, 30, 539-545.

Improvements in the control methods for warble fly in livestock. Brussels: COST 811, European Commission, 31-37.

BENCHARIF A., 2001. Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie: état des lieux et problématiques. *Options Méditerranéennes, Série B/ 32*, 25-45

BERKENKAMP S.D., DRUMMOND R.O., 1990. Hypodermosis-part I + part II. Compendium on continuing education for the practicing veterinarian, **12**, 740-746 + 881-888.

BISHOPP F.C., LAAKE E. W., BRUNDRETT H.M., WELLS R.W., 1926. The cattle grubs or ox warbles , their biologies and suggestions for control. In : U. S Dept. Agric., bul. n° 1369.

BORCHERT, A., 1964. *Parasitología Veterinaria*. Edición Acribia, Zaragoza: 548-571.

BOULARD C., 1969. Anatomie et histologie du tube digestif d'H. bovis (diptère Oestriforme) in : *Ann. Soc. Entomol.*, 3. P. 371-387.

BOULARD C., 1970. Etude préliminaire d'une collagénase brute extraite de premier stade d'*Hypoderma lineatum* (de Villers). In : *C. r. Acad. Sci. Paris*, 270. P. 1349-1351.

BOULARD C. & WEINTRAUB, 1973. Immunological response of rabbits to *Hypoderma*. In : *Internation. Journal for Parasitology* 3, 376-386.

BOULARD C., 1975. Evolution des anticorps circulants chez les bovins traités contre l'hypodermose bovine. *Annales Recherche Vétérinaire*, 6. P. 143-154.

BOULARD C., KECK G., 1980. Traitement de l'hypodermose par les insecticides organophosphorés : Effets aduerses d'ordres toxiques ou immunologiques. In : *La semaine vétérinaire* n° 186, 11 octobre 1980. Pages 1, 8, 11, 12.

BOULARD C., 1985. Avantages de l'immunodiagnostic de l'hypodermose bovine établi par l'hémagglutination passive et par ELISA, à partir du sérum et du lactosérum sur la numération. *Annales Médecine Vétérinaire*, 16, 335-343.

BOULARD C., ARGENTE G. & HILLION E., 1988. Hypodermose bovine. *Le Point Vétérinaire*, 20, 111.

BOULARD C., VILLEJOURBERT C., 1991. Use of pooled serum or milk samples for the epidemiological surveillance of bovine hypodermosis. In : *Vet. Parasitol.* 39, 1991, 171-183.

BOULARD, C.; ARGENTE, G.; HILLION, E., 1991. Effets indésirables des antiparasitaires (hypersensibilité). *Recueil de Médecine Vétérinaire*, **167**, 12, 1127-1132.

ASLA Myriem, 2012. Myiases humaines au centre hospitalo-universitaire de Rabat. A propos d'un cas de myiase au cuir chevelu due à *Wohlahrtia magnifica*. Thèse de doctorat en Pharmacie. 125 pages.

BALKAYA I., SIMSEK S., SAKI C.E, 2010. A serological and molecular survey of cattle hypodermosis in east-Turkey. *Veterinary Parasitology*, 173: 287-91

BOULARD C. & MOIRE N., 1998. Immuno-epidemiology in low prevalence conditions of bovine hypodermosis. In: C. Boulard, J. Sol, K. Pithan, D. O'Brien, K. Webster and O.C. Sampimon (Eds.). Improvements in the control methods for warble fly in livestock. Brussels: COST 811, European Commission. P. 78-82.

BOULARD C. (1999). La lutte contre l'hypodermose en Europe. *Le Point Vétérinaire*, 30, 199, 301-307.

BOULARD C., 2002. Durably controlling bovine hypodermosis. *Veterinary Research* 33, 455-464, 2002.

BOULARD C., ARGENTE M., ARGENTE G., LANGUILLE J., PAGET L., PETIT E., 2008. A successful, sustainable and low cost control-programme for bovine hypodermosis in France. *Veterinary Parasitology* 158, 1–10.

BOURBOUZE A., CHOUCHE A., EDDEBBARHA., PLUVINAGE J., YAKHLEF H., 1989. Analyse comparée de l'effet des politiques laitières sur les structures de production et de collecte dans les pays du Maghreb. *Options méditerranéennes, Série séminaires* 6, 247-258.

BOURBOUZE A., 2001. Le développement des filères lait au Maghreb ; Algérie, Maroc, Tunisie : trois images, trois stratégies différents. *Agroligne*, 14, 9-19.

CABANELAS E., PANADERO R., FUERTES M., FERNANDEZ M., BENAVIDES J., LÓPEZ C., PÉREZ -CREO A., DÍAZ P., MORRONDO P., DÍEZ-BAÑOS P., PÉREZ V., 2015. Histological and immunohistochemical characterization of *Hypoderma lineatum* (Diptera: Oestridae) warbles. *Veterinary Parasitology*, 212, 361–367.

CARBALLO, D., 1999. Valoración mediante ELISA e inmunoelectrotransferencia de un antígeno recombinante para el diagnóstico de la hipodermosis bovina. Memoria de Licenciatura. Facultad de Veterinaria. Universidad de Santiago de Compostela. 91 pp.

CARRAT F. & MALLET A., MORICE V., 2013. Biostatistique. Faculté de médecine. Université de Pierre et Marie Curie. France. 183 pages.

CASAI, R., MARTÍN ALONSO, J.M., BOGA, J.A., PARRA F., 1998. *Hypoderma lineatum*: expression of enzymatically active hipodermin C in *Escherichia coli* and its use for the immunodiagnosis of hypodermosis. *Experimental Parasitology*, 90 (1): 14-19.

CUNNINGHAM E.P., ABUSOWA M., LINDQUIST D.A., SADAHMED A.E., VARGASs-TERAN M., 1992. Le programme d'éradication de la lucilie bouchère d'Afrique du Nord. *Revue d'Élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 45, 115–8.

CHABAUDIE, N.; BOULARD, C., 1993. In vitro and ex vivo responses of bovine lymphocytes to hypodermin C, an enzyme secreted by *Hypoderma lineatum* (Insect Oestridae). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, **36**: 153-162.

CHAUVIN A., 1987. Application de la méthode immunoenzymatique ELISA au diagnostic de l'hypodermose bovine. Thèse Med. Vet. Nantes. 102 p.

CHAUVIN A., ARGENTE G. & BOULARD C., 1988. Les méthodes de diagnostic de l'hypodermose : Utilisation pratique dans la lutte contre cette affection In : *Rev. Méd. Vét.*, **339**, 521-525.

CHAUVIN A., MOREAU E. & BOULARD C., 1996. Place d'un vaccin dans la lutte contre les maladies parasitaires en élevage. Exemple de la fasciolose et de l'hypodermose. rencontre autour des recherches sur les ruminants, **3**, 139 - 142

CHARBON J.L., PFISTER K., 1994. Further investigations on the efficacy of preventive treatment against hypodermosis. In: K. PFISTER, J. L CHARBON, D.W. RARRY & K. PITHAN (Eds.). *Improvements in the control methods for warble fly in livestock*. Brussels: COST 811, European Commission. P. 127-133.

CLARK B., 1797. Observation in the genus *Oestrus*. In : *trans. Linn. Soc. London*, 1779, **3**. P. 289-329 Illus.

COLWELL, D.D., 1985. Cellular immunity in warble grub infestations: eosinophil responses to invading and migrating larvae. *Research Highlights*, **86**: 44-46.

COGLEY T.P., ANDERSON J.R., 1981. Invasion of black-tailed deer by mose bot fly larvae (Diptera: Gasterophilidae) in the equine oral cavity. *International Journal for Parasitology*, **12**: 473-480.

COLWELL, D.D., 1985. Cellular immunity in warble grub infestations: eosinophil responses to invading and migrating larvae. *Research Highlights*, **86**: 44-46.

COLWELL, D.D., 1989. Scanning electron microscopy of the posterior spiracles of cattle grubs *Hypoderma bovis* and *Hypoderma lineatum*. *Medical and Veterinary Entomology*, **3**: 391-398.

COLWELL, D.D., BERRY N.M., 1993. Tarsal sensilla of the warble flies *Hypoderma bovis* and *H. lineatum* (Diptera: Oestridae). *Annals of the Entomological Society of America*, **86** (6): 756-765.

COLWELL D.D, BARON R.W., LYSYK T.J., 1997. Influence of parasiticide treatment on kinetics of antigens specific antibody response in cattle infested with *Hypoderma lineatum* (Diptera: Oestridae). *Veterinary Parasitology*, **68**: 117-186.

COLWELL, D.D., LÓPEZ C., DIEZ-BAÑOS, P., MORRONDO, P., PANADERO, R., 2008. Impact of previous infestation on dynamics of circulating hypodermin C in cattle artificially infested with *Hypoderma lineatum* (Diptera: Oestridae). *Veterinary Parasitology*, **154** (1-2): 114-121.

COLWELL, D.D., 2013. Out of sight but not gone: Sero-surveillance for cattle grubs, *Hypoderma* spp., in western Canada between 2008 and 2010. *Veterinary Parasitology*, 197, 297-303.

COX D.D., MOZIER J.O., MULLEE M.T., 1970. Posterior paralysis in a calf caused by cattle grubs (*Hypoderma bovis*) after treatment with systemic insecticide for grub control. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 157, 8, 1088-1092.

DACAL V, COLWELL D.D., LÓPEZ C., PÉREZ V., VÁZQUEZ L., CIENFUEGOS S., DIAZ P., MORRONDO P., DIEZ-BAÑOS P., PANADERO R., 2009. Local and systemic cytokine responses during larval penetration in cattle experimentally infested with *Hypoderma lineatum* (Diptera: Oestridae). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 31, 72-77.

DACAL V., LÓPEZ C., COLWELL D.D., VÁZQUEZ L., DÍAZ P., MORRONDO P., DÍEZ P., PANADERO R., 2011. Immunohistochemical characterization of inflammatory cells in the skin of cattle undergoing repeated infestations with *Hypoderma lineatum* (Diptera: Oestridae) larvae. *Journal of Comparative Pathology*, 145, 282-288.

DANVY R. M., 1988. Enquête sur l'hypodermose bovine dans le Morvan : Proposition d'un plan d'éradication. Thèse Médecine Vétérinaire. Alfort, 1988, N° 76.

DMV., 2001. Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires et des produits de Santé Animale. Editions du point Vétérinaire, 11^e édition, Maisons-Alfort, 1814p.

DOBY J.M., DEUNEFF J., COUATARMAMACH A., GUIGUEN C., 1985. Human hypodermosis in France. *Société Pathologies Exotiques*, 78, 205-215.

DOBY, J.M., QUILICI, M., MARY, C., DEUNFF, J., 1987a. Valeur comparée de l'immunoélectrophorèse et de l'ELISA dans le diagnostic sérologique de l'hypodermose humaine. *Pathologie and Biologie*, 35, 4, 381-385.

DOBY, J.M., QUILICI, M., SENET, J.M., LEYNIA DE LA JARRIGE, P., MARY, C., 1987b. Évolution des anticorps dans l'hypodermose humaine. Étude en parallèle par immunoélectrophorèse, ELISA et hemagglutination passive. Relations avec hypereosinophilie sanguine et manifestations cliniques. *Bulletin de la Société Française de Parasitologie*, 5, 1, 113-121.

DORCHIES, P., DURANTON, C., JACQUIET, P., 1998. Pathophysiology of *Oestrus ovis* infection in sheep and goats: a review. *The Veterinary Record*, 142, 18, 487-489.

DRUMOND R.O., 1984. Control of larvae of the common cattle grub (Diptera: Oestridae) with animal systemic insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 77, 402-406.

DRUMOND R.O., WHETSTONE T.M., SHELLY B.K., BARRET C.C., 1977. Common cattle grub: control with animal systemic insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 70, 176-178.

EUZEBY J., 1976. Traitement et prophylaxie de l'hypodermose des bovins : Données actuelles. *Rev. Med Vet.*, 127. P. 187-235.

EYRE, P., BOULARD, C., DELINE T.R., 1981. Reaginic (type I anaphylactic) antibodies produced by calves in responses to *Hypoderma* larvae. *The Veterinary Record*, **107**, 280-281.

FAN P.C., 1997. Annual economic loss caused by *Tænia saginata asiatica* Tæniasis in East Asia. *Parasitology Today*, **13**, 194-196.

FOSTINELLI P. J., 2005. Contribution bibliographique à l'étude des produits d'excrétion/sécrétion des larves d'Oestre et apparentés. Thèse de Doctorat Vétérinaire 2005, TOU 3, 4075, pp13-14.

FOLSTAD, Y., NILSSEN, A.C., HALVORSEN, O., ANDERSEN, J., 1989. Why do male reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) have higher abundance of second and third instar larvae of *Hypoderma tarandi* than females? *Oikos*, **55**: 87-92.

GIL-COLLADO, M., 1961. *Insectos y ácaros de los animales domésticos*. Edit. Salvat, Barcelona.

GINGRICH, R.E., 1970. Survival of first-instar larvae of *Hypoderma lineatum* (Diptera: Oestridae) implanted in heterologus murine hosts. *Journal of Medical Entomology*, **7** (2): 256-260.

GINGRICH, R.E., 1980. Differentiation of resistance in cattle to larval *Hypoderma lineatum*. *Veterinary Parasitology*, **7**, 243-254.

GINGRICH, R.E., 1982. Acquired resistance to *Hypoderma lineatum*: Comparative immune response of resistant and susceptible cattle. *Veterinary Parasitology*, **9**, 233-242.

GUAN L., J., MA J., YUAN G., BOULARD C., HONG Y., 2004. An enzyme linked immunosorbent assay for serodiagnosis of hypodermosis in cattle. In China. *Veterinary Parasitology*, **12**, 1-5.

HADWEN S., FULTON J.S., 1924. On the migration of *Hypoderma lineatum* from the skin to the gullet In : *Parasitology*, **16**. P. 98-106.

HALL M.J.R. & WALLI R., 1995. Myiasis of humans and domestic animals. *Advances in Parasitology*, **35**: 257-334.

HAMEL H.D., 1994. Organophosphorus compounds in preventive treatment against. In: D.W. Tarry, K. Pithan and K. Webster (Eds.). *Improvements in the control methods for warble fly in livestock*. Brussels: COST 811, European Commission. P. 155-157.

HASSAN M, KHAN M.N., ABUBAKAR M., WAHEED H.M., IQBAL Z., HUSSAIN M., 2010. Bovine hypodermosis—a global aspect. *Tropical Animal Health and Production*, **42**, 1615-1625.

HAINÉ D., BOELAERT F., PFEIFFER D.U., SAEGERMAN C., LONNEUX J.F., LOSSON B., MINTIENS K., 2004. Herd-level seroprevalence and risk-mapping of bovine hypodermosis in Belgian cattle herds. *Preventive Veterinary Medicine* **65**, 93-104.

HUSSEIN Sanchez Arroyo, 1997. *Hypoderma lineatum* (Villers) (Insecta: Diptera: Oestridae). In: the home of University of Florida–Institute of food and agricultural science–Department of entomology and nematology [Online]. Revised on January 2003. [Réf, du 25 janvier 2006]. Disponible en accès libre sur le web : www.oznet.ksu.edu/entomology/medical_veterinary/HYPODER.html

JAMES M.T., 1947. The flies that cause myiasis in man. United States dep. of agric., 1947; 631. P. 105-112.

JEMLI M.H., MALLEK N., CHAOUCH M., 1997. Investigation of Hypodermosis in Tunisia: results of a pilot survey. In: Puccini V. and Giangaspero (Eds.). Improvements in the control methods for warble fly in livestock, Italy: COST 811, European Commission. P. 71-79.

KARTER, A.J., FOLSTAD, I., ANDERSON, J.R. 1992. A biotic factors influencing embryonic development egg hatching and larval orientation in the reindeer warble fly *Hypoderma tarandi*. Medical and Veterinary Entomology, **6**: 355-362.

KETTLE, D.S., 1990. Medical and Veterinary Entomology. Ed. CAB International: 267-273.

KHAN M.A., 1969. Significance of “spinal stage” *Hypoderma* larvae in systemic insecticide toxicity. In: Vet. Rec.Sci., 10. P. 355-360.

KHAN M.A., 1971. Some factors involved in systemic insecticide toxicosis esophagical lesion in heifers treated with Coumaphos, Cruphomate and Trichlorfon. In: Can. J. An. Sci., 51. P. 411-417.

KHAN, M.A., 1981. An intradermal test to detect latent warble (*Hypoderma* spp.) infection in cattle. Canadian Veterinary Journal, **22**: 36-41.

KHAN M.N, IQBAL Z., SAJID M.S., ANWAR M, 2006. Bovine hypodermosis: Prevalence and economic significance in southern Punjab, Pakistan. Vet. Parasitol, 141, 386-390.

KHAN M.N, SAJID M.S., IQBAL Z., ANWAR M., 2007. Emergence season of *Hypoderma lineatum* warbles in southern Punjab, Pakistan. Animal Science journal, 78, 2, 206–210.

KHAZNADJI E., BOULARD C. & MOIRE N., 2003. Expression of functional hypodermin A, a serine protease from *Hypoderma lineatum* (Diptera, Oestridae), in Schneider 2 cells. Experimental Parasitology, 104, 33–39.

KRAFSUR E.S., WHITTEN C.J., NOVY J.E., 1987. Screwworm eradication in north and central America. Parasitology Today 3, 131–7.

LAPAGE, G., 1968. Veterinary Parasitology. Edinburgh: Oliver and Boyd Edit.: 511-524.

LARKIN H, 1984. Laboratory practice. 3. Procuring and handling blood. Ir. Vet. Jour. 1984 ; **38** : 159-161.

LECROISEY, A., TONG, N.T., KEIL, B., 1983. Hypodermin B a trypsin-related enzyme from the insect *Hypoderma lineatum*. Comparison with Hypodermin A and Hypoderma collagenase, two serine proteases from the same source. *European Journal of Biochemistry*, **134**: 261-267.

LECROISEY, A., GILLES, A.M., DE WOLF, A., KEIL, B., 1987. Complete aminoacid sequence of the collagenase from the insect *Hypoderma lineatum*. *The Journal of Biological Chemistry*, **262**, 7546-7551.

LEVASSEUR, G., 1991. Incidents dus à *Hypoderma lineatum*, lors du traitement précoce du varron. *Bulletin des G.T.V.*, **6B**, 410, 189-191.

LÓPEZ C., COLWELL D.D., PANADERO R., PAZ A., PEREZ J., MORRONDO P., Díez, P., CASCALLANA J.L., SABNTAMARIA V., BRAVO A., 2005. Skin immune responses in cattle after primary and secondary infections with *Hypoderma lineatum* (Diptera: Oestridae) larvae. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, **108**, 285–294.

LÓPEZ C., FERNANDEZ M., CENFUEGOS M., PANADERO R., VAZQUEZ L., DÍAZ P., PATO J., LAGO N., DACAL V., DÍEZ-BAÑOS P, MORRONDO P., 2011. Protostrongylid infection in meat sheep from Northwestern Spain: prevalence and risk factors. *Veterinary Parasitology*, **31**, 108-114.

LOSSON, B.J.; LONNEUX, J.F. (1991). Hypodermose bovine: Évaluation préliminaire de la technique ELISA en vue du dépistage précoce de l'affection. *Annales de Médecine Vétérinaire*, **135**, 373-375.

LYSYK, T.J.; COLWELL, D.D.; BARON, R.W. (1991). A model for estimating abundance of cattle grub (Diptera: Oestridae) from the proportion of uninfested cattle as determined by serology. *Medical and Veterinary Entomology*, **5**, 253-258.

MADANI T., MOUFFOK C., 208. Production laitière et performances de reproduction des vaches Montbéliardes en région semi-aride algérienne. *Revue Elev. Méd .Vet. Pays tropicaux*, **61**, 2, 97-107.

MADR, 2009. Statistiques agricoles. Superficies et productions, Séries A et B.

MAGAT A. & FAURE N., 1970. Efficacité du méningchlorfon dans le traitement de l'hypodermose bovine. *Bull. Soc. Sci. & Med. Comparée*, Lyon, **72**.

MARTINEZ-MORENO F.J, WASSALL D.A., BECERRA-MARTELL C., HERNANDEZ-RODRIGUEZ S., 1994. Comparison of the use of secretory and somatic antigens in an ELISA for the serodiagnosis of hypodermosis. *Veterinary Parasitology*, **52**, 321-329.

MEZANI H., 2000. Le lait : Une politique dévastatrice *Agroligne* n° 3, 10-11.

MCGAVIN M.D, SMITH J.E., 1073. Making smears of capillary blood from the bovine tail. *Veterinary medicine* , **68**, 7, 778-781.

MINÁR, J.; BREEV, K.A. 1982. Laboratory and field rearing of the warble fly *Hypoderma bovis* (De Geer) (Diptera, Hypodermatidae) in the research of its population ecology. *Folia Parasitologica*, **29**, 4, 351-360.

MINAR J., 1995. The development of the epizootiology of hypodermosis in territory of Czechoslovakia. In: D.W. Tarry, K. Pithan and K. Webster (Eds.). Improvements in the control methods for warble fly in livestock. Brussels: COST 811, European Commission, 53-63.

MINAR J., 1998. Low populations dynamics. In: C. Boulard, J. Sol, K. Pithan, D. O'Brien, K. Webster and O.C. Sampimon (Eds.). Improvements in the control methods for warble fly in livestock. Brussels: COST 811, European Commission, 44-48.

MOIRE N. & BOULARD C., 1998. Immunomodulation of hosts immune response to *Hypoderma* species. In: C. Boulard, J. Sol, K. Pithan, D. O'Brien, K. Webster and O.C. Sampimon (Eds.). Improvements in the control methods for warble fly in livestock. Brussels: COST 811, European Commission, 49-55.

MONFRAY, K.; BOULARD, C., 1990. Preliminary evaluation of four immunological tests for the early diagnosis of *Hypoderma tarandi* causing hypodermosis in reindeer. *Medical and Veterinary Entomology*, **4**, 297-302.

NAVARRETE I., REINA, D., HERNÁNDEZ S., MARTÍNEZ-GÓMEZ F.J., GALEANO C., 1993. Preliminary studies on bovine Hypodermosis in the province of Cáceres (Spain). Edited by: LOSSON, B.; LONNEUX, J.F.; PITHAN, K. Improvements in Control Methods for Warble-fly in cattle and goats, Commission of the European Communities, Liege: 3-11.

MORRONDO, P., 1998. Estudio sobre la hipodermosis bovina en Galicia mediante determinación sérica de anticuerpos frente a hipodermis C. Memoria de Licenciatura. Facultad de Veterinaria. Universidad de León. 106 pp.

MORRONDO P., DÍEZ N., LÓPEZ C., DÍEZ P., PANADERO R., 1999. Estudio inmunológico de la hipodermosis bovina en Galicia. *Producción Animal*, **143**: 31-43.

MORRONDO M. P., 2012. Hipodermosis claves para su control tras 20 años de estudio en Galicia. Academia de ciencias. Facultad veterinaria de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela. 12 de enero de 2012. 196 p.

NELSON, W.A.; KNAPP, F.W. (1961). A flocculation test for the detection of antibodies resulting from the injection of an extract of *Hypoderma* larvae. *American Journal of Veterinary Research*, **22** (87): 332-334.

NELSON W.A. & WEINTRAUB J., 1972. *Hypoderma lineatum* (de Villers) (Diptera, Oestridae): invasion of bovine skin by newly hatched larvae. In : *Journal Parasitol.*, **58**. P. 624-641..

NELSON, W.A., 1987. Immune responses in Parasitic Infections, Protozoa, Arthropods and Invertebrates. Ed. Soulsby C.R.C. Press, Boca Ratón, **4**, 175-209.

- NELSON W. A., ALLEN A.D., MONZIER J.O., WITHE R.G., 1967.** Adverses reactions in cattle treated for grubs. *Veterinary Medicine*, 62, 683-684.
- NICOLAS-GAULARD I., MOIRE N., BOULARD C., 1995.** Inhibitory mechanism of the hypodermin A on T-cell proliferation by modulating PGE₂ and IL-2 production. In: D.W. Tarry, K. Pithan and K. Webster (Eds.). *Improvements in the control methods for warble fly in livestock*. Brussels: COST 811, European Commission, 129-138.
- NILSSEN, A.C.; ANDERSON, J.R., 1995.** Flight capacity of the reindeer warble fly, *Hypoderma tarandi* (L.) and the reindeer nose bot fly, *Cephenemia trompe* (Modeer) (Diptera: Oestridae). *Canadian Journal of Zoology*, 73, 1228-1238.
- OKUNEV, A.M. (1990).** Occurrence of larvae of *Fannia* flies in the prepupa of *Hypoderma bovis*. *Parazitologiya*, 24, 5, 417-419.
- OTRANTO D., TRAVERSA D., COLWELL D.D., GUAN G., GIANGASPERO A., BOULARD C., YIN H. 2004.** A third species of *Hypoderma* (Diptera: Oestridae) affecting cattle and yaks in China: molecular and morphological evidence. *Journal of Parasitology*, 90 (5): 958-965.
- OTRANTO D., STEVENS J.R., 2002.** Molecular approaches to the study of myiasis-causing larvae. *International Journal for Parasitology* 32, 2002, 1345–1360.
- OTRANTO D., COLWELL D.D., 2005.** *Hypoderma sinense*: a debated issue. *Veterinary Parasitology*, 128 (3-4), 353-354.
- OTRANTO D., TRAVERSA D., MILILLO P. DE LUCA F., STEVENS J., 2005.** Utility of mitochondrial and ribosomal genes for differentiation and phylogenesis of species of gastrointestinal bot flies. *Journal of Economic Entomology*, 98 (6): 2235-2245.
- PANADERO R., LÓPEZ, C., DÍEZ P., MORRONDO P., SÁNCHEZ-ANDRADE R., 1994.** Seroprevalence of *Hypoderma lineatum* (De Villiers, 1789) detected by indirect ELISA on cattle in Lugo province (N.W. Spain). *Research and Reviews in Parasitology*, 54 (2): 129-132.
- PANADERO, R., 1996.** Estudio epidemiológico y de la respuesta inmune frente a antígeno de *Hypoderma lineatum* como aportación a la lucha contra la hipodermosis bovina en Galicia. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Santiago de Compostela. 256 pp.
- PANADERO, R., LÓPEZ C., DÍEZ N., PAZ, A., DÍEZ, P., MORRONDO P., 2000.** Influence of internal and environmental factors on the distribution and occurrence of *Hypoderma* (Diptera: Oestridae) in cattle in Galicia (Northwest of Spain). *Journal of Medical Entomology*, 37, 1, 27-28.
- PANADERO R., LÓPEZ, C., CARBALLO D., CASAS R., PAZ A., MORRONDO P., DÍEZ-BAÑOS P., 2000.** Assessment of a recombinant antigen versus natural hypodermin C for the serodiagnosis of hypodermosis in cattle. *Parasitology Research*, 86 (1): 67-68.

- PANADERO R., LÓPEZ, C., PARRA F., MORRONDO P., DÍEZ-BAÑOS P., COLWELL D., 2002.** Detection of circulating hypodermin C: an antigen capture ELISA for diagnosis of cattle grub (Diptera: Oestridae) infestations. *Veterinary Parasitology*, **108**: 85-94.
- PANADERO R., VAZQUEZ L., COLWELL D.D., LOPEZ C., DACAL V., MORRONDO P., DIEZ-BAÑOS P., 2007.** Evaluation of an antigen capture ELISA for the early diagnosis of *Hypoderma lineatum* in cattle under field conditions. *Veterinary Parasitology* 147, Issues 3-4. P. 297-302.
- PANADERO R., DACAL V., LÓPEZ C., VÁZQUEZ L., CIENFUEGOS S., DIAZ P., MORRONDO P., DIEZ-BAÑOS P., 2009.** Immunomodulatory effect of *Hypoderma lineatum* antigens: in vitro effect on bovine lymphocyte proliferation and cytokine production. *Parasite Immunology*, 31: 72-77.
- PANADERO R., OTRANTO D., 2015.** Arthropods affecting the human eye. *Veterinary Parasitology*, 208, 84–93.
- PANADERO R., LOPEZ C., VAZQUEZ L., DIAZ P., PEREZ A., CABANELAS E., MORRONDO P., DIEZ-BAÑOS P., 2013.** Effect of reinfestations on systemic immune responses in cattle naturally infested by *Hypoderma* sp. (Diptera: oestridae). *Veterinary Parasitology*, 193, 238-244.
- PARKER BNJ, BLOWEY RW, 1974.** A comparison of blood from the jugular vein and coccygeal artery and vein of cows. *Vet. Rec*, **95** : 14-18.
- PFADT, R.E., 1947.** Effect of temperature and humidity on larval and pupal stages of the common cattle grub. *Journal of Economic Entomology*, **40**: 293-300.
- PFADT R.E., LLOYD J.E., SHARAFI G., 1975.** Pupal development of cattle grubs at constant and alternating temperatures. *Journal of Economic Entomology*, **68** (3): 325-328.
- PRIETO M., ESPI M., GARCIA J.A., PARRA F., 1990.** Effect of Ivermectin treatment on anti-hypodermin C Asturiana cattle naturally with *Hypoderma lineatum*. *Veterinary Parasitology*, **35**, 211-218.
- PRUETT J.H., BARRET C.C., 1984.** Induction of intradermal skin reactions in the bovine by fractionated proteins of *Hypoderma lineatum*. *Veterinary Parasitology*, **16**: 137-146.
- PRUETT J.H., BARRETT C.C., 1985.** Kinetic development of humoral anti-*Hypoderma lineatum* antibody activity in the serum of vaccinated and infested cattle. *Southwest Entomology*, **10**, 39-48.
- PRUETT J.H., TEMEYER K.B., BURKETT B.K., 1988.** Antigenicity and immunogenicity of *Hypoderma lineatum* soluble proteins in the bovine host. *Veterinary Parasitology*, **29**, 53-63.
- PRUETT J.H., KUNZ S.E. 1996.** Thermal requirements for *Hypoderma lineatum* (Diptera: Oestridae) egg development. *Journal of Medical Entomology*, **33**, 976-978.

PRUETT J.H., 1999. Immunological control of arthropod ectoparasites – a review. *International Journal for Parasitology*, 29, 25–32.

QUINTERO-MARTÍNEZ M.T., NEGRETE J.O., BENÍTEZ R., MÉNDEZ M.A., JUÁREZ VEGA G., CRUZ-VÁZQUEZ C., 2007. Presence of *Hypoderma lineatum* stage I larvae in the esophagus of cattle slaughtered in Chihuahua, Chih., Mexico. *Veterinary Parasitology*, 146 (1-2), 189-191.

R CORE TEAM , 2015. A language and environment for statistical computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria URL <http://www.R-project.org>

REHBEIN S., HOLSTE J.E., SMITH L.L., LLOYD J.L., 2013. The efficacy of eprinomectin extended-release injection against *Hypoderma* spp.(Diptera: Oestridae) in cattle. *Veterinary Parasitology*, 192, 353–358.

RODHAIN F, PEREZ C., 1985. Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Maloine, Paris, 458p.

ROBERTSON, R.H., 1980. Antibody production in cattle infected with *Hypoderma* spp. *Canadian Journal of Zoology*, 58, 245-251.

ROSENBERGER G., 1979. *Examen clinique des bovins* 1^{ère} édition française, Les éditions du point vétérinaire, 526 pages.

RUITENBERG, E.J.; BUYS, J., 1976. An immunofluorescence technique for the detection of *Toxocara canis* antibodies. *Veterinary Parasitology*, 1, 231-237

RUIZ, P., 1982. Contribución al estudio de la hipodermosis en la provincia de Córdoba. Memoria de Licenciatura. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.

SAHIBI H., RHALEM A., & BOULARD C., 1997. Epidemiology of bovine hypodermosis and its control in Morocco. In: Puccini V. and Giangaspero (Eds.). Improvements in the control methods for warble fly in livestock, Italy: COST 811, European Commission, 5-15.

SAHRAOUI, 2013. Le bovin laitier dans les régions sahariennes : réalité ou illusion ? - Cas de la région de Biskra – Mémoire de Magistère. Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers. Département des sciences agronomiques. 125 pages.

SAIDANI K., 2007. Contribution à l'étude épidémiologique de l'hypodermose bovine dans la région de Bejaia. Mémoire de Magistère. Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger. 123 pages.

SAIDANI, K., BENAKHLA, A., DÍEZ-BAÑOS, P. and PANADERO, R., 2011. Chronobiology of *Hypoderma* spp. in north-central Algeria as a basis to establish a control program. *Revista Ibero-Latinoamericana de Parasitología*, 70, 2, 157-162.

SAIDANI K., LOPEZ C., MEKADEMI K., DIAZ P, DÍEZ-BAÑOS P., BENAKHLA,, PANADERO R., 2014. Bovine Hypodermosis in North-Central Algeria: Prevalence, Intensity of Infection and Risk Factors. *Kafkas University Journal*, 20, 871-876.

SAIDANI K., LOPEZ C., DIAZ P., DÍEZ-BAÑOS P., BENAKHLA., PANADERO R., 2016_a. Effect of climate on the epidemiology of bovine hypodermosis in Algeria. Kafkas university Journal. 22, 1, 147-154.,

SAIDANI K., LOPEZ C., DIAZ P., CABANELAS-DOPAZO E., PEREZ-CREO A. KADDOUR A., MORRONDO-PELAYO P., DÍEZ-BAÑOS P., BENAKHLA., PANADERO R., 2016_b. Bovine Hypodermosis in the Maghreb: Sero epidemiological Study in Algeria by Indirect ELISA. Kafkas university Journal, 22, 5, 757-763, 2016.

SAINI R. K. & SANKHALA L.N., 2015. A case report of bovine hypodermosis. International Journal of Science, Environment and technology, 4, 3, 725 – 726.

SCHALM O.W., FELDMAN B.F., ZINKL J.G., JAIN N.C., 2000. *Schalm's veterinary hematology*. 5th edition. Blackwell scientific editions, 1344p.

SCHARFF D.K., SHARMAN GAM & LUDWIG P., 1962. Illness and death in calves induced by treatments with systemic insecticides for control of cattle grubs. Journal of the American Veterinary Association, 141, 582-587.

SCHOLL, P.J., BARRETT C.C. 1986. Technique to extract *Hypoderma* sp. (Diptera:Oestridae) larvae from the backs of cattle. Journal of Economic Entomology, **79**, 1125-1126.

SCHOLL, P.J., WEINTRAUB, J. 1988. Gonotrophic development in *Hypoderma lineatum* and *H. bovis* (Diptera: Oestridae) with notes on reproductive capacity. Annals of the Entomological Society of America, **81**, 315-324.

SCHOLL, P.J., 1990. A review of parasites, pathogens, and predators of cattle grubs. The Southwestern Entomology, **15**, 360-365.

SCHOLL P. J., 1998. The current status of hypodermosis in North America. In: C. Boulard, J. Sol, K. Pithan, D. O'Brien, K. Webster and O.C. Sampimon (Eds.). Improvements in the control methods for warble fly in livestock. Brussels: COST 811, European Commission. P. 38-41.

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

SHOOP W.L., MICHAEL B.F., SOLL M.D., CLARK J.N., 1996_b, Efficacy of an ivermectin and pyrantel pamoate combination against adult hookworm, *Ancylostoma braziliense* in dogs. Australian Veterinary Journal, 73, 84-85.

SIMSEK S., UTUK A.E., KOROGLU E., DUMANLI N., 2008. Seroprevalence of hypodermosis in cattle in some provinces of Turkey. Res Vet Sci. 84: 246-249.

SINCLAIR, I.J. et WASSALL, D.A., 1983. Enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of antibodies to *Hypoderma bovis* in cattle. *Research in Veterinary Science*, **34**: 251.

SINGPURWALLA D., 2013. A handbook of statistics : An overview of Statistical methods. 1st edition. Téléchargé gratuitement (free download) de www.bookboon.com

SOLOPOV, N.V., 1988. Features of the ecology of juvenile forms of subcutaneous gadfly in reindeer. *Soviet Journal of Ecology*, **19** (5): 299-304. (Review of Medical and Veterinary Entomology, 1990).

SOUAMES S., HANZEN C., DETILLEUX J., KAIDI R., 2015. Survey of Artificial Insemination Practices in Algeria. *Research Journal for Veterinary Practitioners*, 3,1,1-9.

TAPERNOUX A., MAGAT A & FAURE N., 1961. Influence de l'hypodermose sur la croissance des bovins. *Cah. Méd. Vét.*, 1961; 30 . P. 1-8.

TARRY, D.W., 1980. Warble fly infestation and climate. *The Veterinary Record*, **106**: 559-560.

TARRY, D.W., 1981. Distribution of cattle warble flies in Britain. *The Veterinary Record*, **108**, 69-72.

TARRY D.W., 1986. Progress in warble fly eradication. *Parasitology Today* .2, 111–116

TARRY D. W., 1998. Improvements in the control methods for warble fly in livestock. In: Boulard, C., J. Sol, K. Pithan, D. O'Brien, K. Webster, O. C. Sampimon, (Eds.), Final Report No.E CCOST 811, Brussels, Belgium, Commission of European Communities, 13–16;

TITI A., 2013. Paramphistomose gastroduodénale des ruminants dans le Nord-est Algérien : investigations sur les bovins et le mollusque hôte. Thèse doctorat ès sciences. Institut des sciences vétérinaires de l'université de Constantine 1. 155 pages.

TONG N.T., IMHOFF, J.M. , LECROISEY A., KEIL B., 1981. Hypodermin A a trypsin-like neutral proteinase from the insect *Hypoderma lineatum*. *Biochemical and Biophysical Acta*, **658**, 209-219.

VÁZQUEZ L., 2010. Estudio mediante citometria de flujo y enzoinmunoensayo de la respuesta inmune de ganado vacuno infestado por *Hypoderma* (Diptera: Oestridae). Thèse de doctorat, faculté vétérinaire de Lugo. Université de Santiago de Compostelle. Galice. Espagne.

VÁZQUEZ L., DACAL V., LÓPEZ C.; DÍAZ P.; MORRONDO P.; DÍEZ-BAÑOS P. PANADERO; R., 2012. Antigen-specific antibody isotypes; lymphocyte subsets and cytokine profiles in cattle naturally infested by *Hypoderma* sp. (Diptera: Oestridae), *Veterinary Parasitology*, 184, 230-237.

WEBSTER, K.A., GILES, M.; DAWSON, C., 1997a. A competitive ELISA for the serodiagnosis of hypodermosis. *Veterinary Parasitology*, **68** (1-2): 155-164.

WEBSTER, K.A., DAWSON, C., FLOWERS, M.; RICHARDS, M.S., 1997b. Serological prevalence of *Hypoderma* species in cattle in Great Britain (1995/96) and the relative value of serological surveillance over clinical observation. *The Veterinary Record*, **141**, 11, 261-263.

WEBSTER K.A., 1998. Immunodiagnosis. Edited by BOULARD C., O'BRIEN, D., PITHAN, K., SAMPIMON O., SOL J., WEBSTER K. En: Improvements in control methods for Warble-fly in farm livestock. COST 811. European Commission, Brussels.

WEINTRAUB J., 1961. Inducing mating and oviposition of the warble flies *Hypoderma bovis* (L.) and *Hypoderma lineatum* (De Vill.) (Diptera: Oestridae) in captivity. *Canadian Entomology*, **93**, 149-156.

WEINTRAUB J., ROBERTSON R.H., GOODING, R.H., 1968. Experiments in hybridizing the warbles flies *Hypoderma lineatum* (De Vill.) and *Hypoderma bovis* (L.) (Diptera: Oestridae). *Canadian Journal of Zoology*, **46**, 129-133.

WILLADSEN P., 1997. Novel vaccines for ectoparasites. *Veterinary Parasitology*, **71**, 209–22.

WOLFE, L.S. 1959. Observations on the histopathological changes caused by the larvae of *Hypoderma bovis* (L.) and *Hypoderma lineatum* (de Vill.) (Diptera: Oestridae) in tissues of cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, **39**, 145-157.

YAKHLEF H., MADANI T., ABBACHE N., 2002. Biodiversité importante pour l'agriculture: cas des races bovines, ovines, caprines et camelines. MATE-GEF/PNUD : projet ALG/G13, Décembre 2002. 43p.

YAMOV V.Z., SOLOPOV N.V., RAABE I.Y., 1990. *Hypoderma diana* (Hypodermatidae) from maral deer in the Altai. *Parazitologiya*, **24**, 4, 289-295. (Review of Medical and Veterinary Entomology, 1991).

YIN H., MA M., YUAN G., HUANG S., LIU Z., LUO J., GUAN G., 2003. Hypodermosis in China. *Journal of Animal Veterinary Advances*, **2**, 179–183.

ZALLA P., SHOSBI N., BEJO B., POSTOLI R., RAPTI D., 2012. Impact of management system on the presence of hypodermosis in cattle. *Macedonian Journal of Animal Science*, **2**, 2, 235–240.

ZOU K.H., O'MALLEY A.J., MAUR L., 2007. Receiver-Operating Characteristic Analysis for Evaluating Diagnostic Tests and Predictive Models. *Circulation*, **115**, 654-657.

ZUMPT F. (Ed.), 1965. Myiasis in Man and Animals in the Old World. Butterworth, London., 205–229.

Annexes

7. Annexes

7.1. Exemple de texte réglementaire pour la maîtrise de l'hypodermose Bovine

Annexe 1 : Arrêté du 6 mars 2002 fixant les mesures techniques et administratives relatives à la prophylaxie de l'hypodermose dans l'espèce bovine, journal officiel Ministère de l'agriculture et de la pêche, République française

Le ministre de l'agriculture et de la pêche, Vu le code rural, et notamment ses articles L. 224-1 et L. 225-1 ; Vu le décret no 81-857 du 15 septembre 1981 portant application de l'article L. 224-1 du code rural ; Vu l'arrêté du 8 août 1995 modifié fixant les conditions sanitaires relatives à la détention, à la mise en circulation et à la commercialisation des animaux de l'espèce bovine ; Vu l'arrêté du 20 novembre 2001 modifié portant agrément de l'ACERSA (Association pour la certification en santé animale) en tant qu'organisme concourant à la certification officielle en matière de maladies animales ; Vu l'avis en date du 1er octobre 2001 de la Commission nationale vétérinaire (comité consultatif de la santé et de la protection animales) ;
Vu l'avis en date du 18 octobre 2001 de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments ;
Sur la proposition de la directrice générale de l'alimentation,
Arrête :

Chapitre Ier

Dispositions générales

Art. 1er. - Au sens du présent arrêté, on entend par :

- bovin : un animal de l'espèce bovine, y compris Bison bison (bison américain), Bison bosanus (bison européen), Bubalus bubalus (buffle) et Ovibos moschatus (boeuf musqué) ;
- exploitation : tout établissement, toute construction ou, dans le cas d'une exploitation à ciel ouvert, tout lieu situé sur le territoire national, dans lequel les bovins sont détenus, élevés ou entretenus ;
- détenteur : toute personne physique ou morale responsable des animaux à titre permanent ou temporaire, y compris durant le transport ou sur un marché ;
- maître d'oeuvre de la prophylaxie de l'hypodermose bovine : l'organisme à vocation sanitaire désigné par le préfet du département dans lequel il intervient pour la réalisation d'une partie ou de la totalité des mesures définies aux articles 4 à 7 du présent arrêté ;
- coordonnateur régional des maîtres d'oeuvre : le représentant régional désigné par les organismes à vocation sanitaire départementaux précités et chargé de coordonner, de faciliter ou de réaliser, lorsqu'elles dépassent le cadre départemental, les missions confiées aux maîtres d'oeuvre professionnels au titre du présent arrêté ;
- contrôle visuel d'infestation : l'opération visant à rechercher toute lésion cutanée pouvant évoquer la présence d'au moins une larve d'hypoderme ;
- cheptel infesté : cheptel pour lequel la présence d'au moins une larve d'hypoderme a été confirmée sur au moins un bovin par un vétérinaire remplissant les conditions édictées aux articles L. 241-1 à L. 241-12 du code rural ;
- cheptel suspect d'être infesté : le cheptel pour lequel un animal présente une lésion cutanée pouvant évoquer la présence d'au moins une larve d'hypoderme et/ou ayant fait l'objet d'une enquête épidémiologique mettant en évidence un risque d'infestation ;

Annexes

- zone : l'unité territoriale comprenant au moins 3 cantons attenants et dans laquelle toutes les étapes de la prophylaxie contre l'hypodermose sont menées simultanément ;
- plan de contrôle aléatoire : le protocole d'échantillonnage des exploitations destiné à estimer le pourcentage d'infestation d'une zone ;
- plan de contrôle orienté : le protocole d'enquête dans les exploitations destiné à localiser une infestation résiduelle ou résurgente ;
- document sanitaire : l'attestation sanitaire officielle dite à délivrance anticipée conforme aux modèles CERFA no 50-4577 ou no 50-4578 justifiant la qualification sanitaire du cheptel de provenance du bovin vis-à-vis de l'hypodermose bovine. Les modalités d'apposition de l'appellation sur l'attestation sanitaire à délivrance anticipée sont précisées dans la convention visée à l'article 10 de l'arrêté du 8 août 1995 susvisé ;
- zone assainie : zone où le taux d'infestation des cheptels mis en évidence par contrôle visuel d'infestation ou par contrôle sérologique selon le plan de contrôle aléatoire est strictement inférieur à 5 % pendant 2 années consécutives ;
- zone indemne : zone où le taux d'infestation des cheptels mis en évidence par contrôle sérologique selon le plan de contrôle aléatoire est inférieur à 1 % pendant 2 années consécutives.

Art. 2. - En application de l'article L. 224-1 du code rural, la prophylaxie de l'hypodermose bovine est rendue obligatoire sur l'ensemble du territoire national à l'égard de toutes les exploitations de bovins et s'applique dans tous les lieux de séjour et de rassemblement fréquentés par les animaux de l'espèce bovine.

Art. 3. - Les détenteurs des animaux sont tenus :

- de rendre compte au maître d'oeuvre de tout traitement hypodermicide effectué sur ses animaux ;
- de faciliter les opérations de prélèvements sanguins ou de contrôles visuels d'infestation au sein de leur exploitation et d'assister l'agent chargé de les exécuter ;
- d'assurer la contention des animaux ainsi que leur recensement et leur identification ;
- de disposer de documents sanitaires conformes aux modalités de gestion de l'appellation nationale relative à l'hypodermose bovine délivrée par l'Association pour la certification en santé animale.

Chapitre II

Dispositions applicables à tous les animaux de l'espèce bovine et aux cheptels bovins

Art. 4. - Tout bovin appartenant à une exploitation faisant partie d'un plan de contrôle aléatoire ou d'un plan de contrôle orienté doit faire l'objet soit d'un contrôle visuel d'infestation, soit d'un contrôle sérologique. Les contrôles visuels d'infestation sont réalisés par les agents des directions départementales des services vétérinaires ou par les personnes mandatées par le maître d'oeuvre.

Art. 5. - Sur proposition du maître d'oeuvre et sur prescription vétérinaire, le directeur départemental des services vétérinaires ordonne le traitement immédiat par hypodermicide de tout bovin présent dans un cheptel infesté ou suspect d'être infesté. Sans préjudice des dispositions prévues à l'alinéa précédent, le directeur départemental des services vétérinaires peut ordonner, sur proposition du maître d'oeuvre et sur prescription

Annexes

vétérinaire, le traitement annuel à titre préventif par un hypodermicide précoce de tout bovin. Les éleveurs officiellement engagés en agriculture biologique, ou en cours de conversion, dont la liste est tenue à jour par la direction départementale de l'agriculture et de la forêt peuvent déroger au traitement chimique de l'hypodermose bovine selon des modalités fixées par instruction du ministre chargé de l'agriculture.

Art. 6. - Le maître d'oeuvre établit et tient à jour la liste des exploitations devant faire l'objet des contrôles mentionnés à l'article 4. La liste des exploitations dont les résultats des contrôles prévus à l'article 4 sont défavorables est communiquée annuellement au directeur départemental des services vétérinaires. Le maître d'oeuvre établit et tient à jour la liste des exploitations devant faire l'objet des mesures prescrites à l'article 5. Il en informe le directeur départemental des services vétérinaires et les vétérinaires concernés.

Art. 7. - Pour être introduit dans une exploitation, tout bovin doit obligatoirement, à la diligence de son propriétaire ou détenteur :

- s'il est porteur d'une ou de plusieurs larves d'hypodermes, être soumis, sur prescription vétérinaire, à un traitement hypodermicide, sauf s'il a déjà reçu un traitement curatif attesté par un vétérinaire ;

- s'il ne présente pas de signe d'hypodermose, soit être accompagné de documents sanitaires attestant que son cheptel d'origine est titulaire d'une appellation nationale relative à l'hypodermose bovine délivrée par l'Association pour la certification en santé animale, soit être soumis, sur prescription vétérinaire, à un traitement hypodermicide.

Sur proposition du maître d'oeuvre, le directeur départemental des services vétérinaires peut accorder une dérogation à l'obligation de traitement pour les élevages d'engraissement hors sol.

Art. 8. - Il est interdit d'exposer sur un lieu de rassemblement ou de mettre en vente un bovin porteur de lésions d'hypodermose, sauf à apporter la preuve de son traitement hypodermicide. Les mêmes obligations s'imposent à tout propriétaire ou détenteur de bovins admis à transhumer ou à être mis en pâture collective.

Chapitre III

Organisation administrative

Art. 9. - Il est instauré une Commission nationale de lutte contre l'hypodermose qui, placée près du ministre chargé de l'agriculture, est appelée à examiner les bilans des programmes de prophylaxie de l'hypodermose bovine et à proposer les objectifs particuliers assignés aux maîtres d'oeuvre.

La commission dresse annuellement la liste des zones assainies et des zones indemnes d'hypodermose bovine.

La commission, qui se réunit à l'initiative et sous la présidence du sous-directeur de la santé et de la protection animale à la direction générale de l'alimentation ou de son représentant, est composée :

- d'un représentant de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments ;
- d'un représentant du groupement des directeurs départementaux des services vétérinaires ;
- d'un représentant du bureau de la santé animale à la direction générale de l'alimentation ;
- d'un représentant du bureau de la pharmacie vétérinaire et de l'alimentation animale à la

Annexes

direction générale de l'alimentation ;

- de deux représentants du corps des enseignants des écoles vétérinaires françaises ;
- d'un représentant de la direction des politiques économique et internationale ;
- d'un représentant du groupement des directeurs régionaux de l'agriculture et de la forêt ;
- d'un représentant de l'Institut national de la recherche agronomique ;
- d'un représentant de l'association des directeurs des laboratoires vétérinaires d'analyses ;
- de deux représentants des coordonnateurs régionaux des maîtres d'oeuvre ;
- d'un représentant de la Fédération nationale des groupements de défense sanitaire du bétail ;
- d'un représentant de l'Association pour la certification en santé animale ;
- d'un représentant de la Confédération nationale de l'élevage ;
- d'un représentant de l'institut technique de l'agriculture biologique ;
- d'un représentant de l'Office national interprofessionnel du lait ;
- d'un représentant de l'Office national interprofessionnel des viandes, de l'élevage et de l'aviculture ;
- d'un représentant de la Société nationale des groupements techniques vétérinaires ;
- d'un représentant du Syndicat général des cuirs et peaux brutes ;
- d'un représentant du Syndicat national des vétérinaires d'exercice libéral.

La commission peut, à l'invitation de son président, consulter tout expert dont l'avis lui paraît utile. Elle se réunit au moins une fois par an sur convocation de son président.

Art. 10. - Les mesures de lutte contre l'hypodermose bovine définies aux articles 4 à 8 font l'objet de programmes coordonnés à l'échelon régional selon des modalités définies par instruction du ministre chargé de l'agriculture, après approbation de la commission nationale de coordination visée à l'article 9.

Ces programmes, révisés annuellement, sont élaborés par le maître d'oeuvre et soumis pour avis à une commission régionale de suivi et d'évaluation composée de l'ensemble des partenaires locaux concernés et où sont notamment représentés, sous la présidence du directeur régional de l'agriculture et de la forêt ou de son représentant, les directeurs départementaux de l'agriculture et de la forêt, les directeurs départementaux des services vétérinaires, le coordonnateur régional des maîtres d'oeuvre, les groupements techniques vétérinaires, les groupements de défense sanitaire, les établissements départementaux de l'élevage, les interprofessions régionales et les organisations professionnelles agricoles. Chaque programme doit détailler annuellement les résultats techniques de la campagne de prophylaxie et les éléments prévisionnels précisant les moyens nécessaires à sa mise en oeuvre avec, notamment :

- les plans de contrôles ;
- les zones d'intervention retenues devant tenir compte des actions en cours dans les régions limitrophes ;
- le rôle et les missions des différents intervenants prestataires de service ;
- les périodes pendant lesquelles les campagnes de traitement des animaux et de contrôle des exploitations se déroulent ;
- les actions d'information et de sensibilisation ;
- le coût et le financement des opérations.

Chapitre IV

Dispositions finales

Art. 11. - Les dispositions prises au titre du présent arrêté ne s'appliquent pas aux départements français d'outre-mer, à la collectivité territoriale de Saint-Pierre-et-Miquelon et à la Corse.

Annexes

Art. 12. - Toute infraction aux dispositions des articles 4 à 8 du présent arrêté est passible des peines prévues à l'article 3 du décret du 15 septembre 1981 susvisé.

Art. 13. - L'arrêté du 4 novembre 1994 relatif à l'organisation du programme national d'éradication de l'hypodermose bovine est abrogé.

Art. 14. - La directrice générale de l'alimentation et les préfets sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

7.2. Dictionnaire trilingue de termes vétérinaires (élaboration et mise à jour personnelle, mars 2016)

Français	Anglais	Espagnol
Abattoir nm.	Slaughterhouse, abattoir	El matadero
Abdomen nm.	Belly	El abdomen, el vientre
Abcès nm.	Abscess	El absceso
Absorber vt.	Absorb	Absorber
Acarien nm.	Mite (above all the etiological agents of mange)	El ácaro
Accouplement nm.	Mating	El apareamiento
Age nm.	Age	La edad
Agent étiologique	Etiological agent	Agente etiológico
Aiguille nf.	Needle	La aguja
Aile nf	Wing	La ala
Anamnèse nf.	Anamnesis	La anamnesis
Animal : animaux	Animal : animals	Animal : animales
Année nf.	Year	El año
Anticorps nm.	Antibodies	Los anticuerpos
Apparition nf.	Appearance	La aparición
Appétit nm.	Appetite	El apetito
Artères nf.	Arteries	Las arterias
Augmenter vi.	To increase	Aumentar
Automne nm.	Autumn	El otoño
Avortement nm.	Abortion	El aborto
Bâtiment nm (d'élevage par ex.)	Building	La construcción, el piso, el edificio
Bile nf.	Bile	Bilis
Blé nm.	Wheat	El trigo
Blessure nf.	Wound, injury	La herida
Bovin nm.	Bovine or cattle (=les bovins)	El vacuno
Breuvage nm.	Drench	El brebaje
Caillette nf., le véritable estomac ; le feuillet = le bonnet	Abomasum, the true stomach ;	El abomaso, el verdadero estómago ; el reticulo = el bonete
Capillaire (sanguin) nm	Capillary	El capilar
Carcasse nf.	Carcass	El cadaver
Cellule nf	Cell	La célula
Chair nf.	Flesh	La carne
Chaleur nf	Heat, warm	El calor
Changement de régime alimentaire	The change of diet	El cambio de dieta
Charge parasitaire	Parasitic burden	La carga parasitaria
Chaud adj.	Hot	Cálido
Cheptel, bétail nm	Livestock, cattle	El ganado
Cheval nm	Horse	El caballo.

Annexes

Chèvre nf.	Goat	La cabre
Chronobiologie nf	Chronobiology	La cronobiología
Cinétique d'anticorps	The kinetic of antibodies	La cinética de anticuerpos
Climat nm	Climate	El clima
Cœur	Heart	El corazón
Colonne vertébrale	Spinal cord	La columna vertebral
Connaissance nf	Knowledge	El conocimiento
Constipation nf. ≠ diarrhée nf.	Constipation ≠ Diarrhoea	El estreñimiento ≠ la diarrea
Contention nf	Hobble	La sujeción
Colostrum nm	Colostrums	El calostro
Composé nm	Compound	El compuesto
Corne nf	Horn	El cuerno
Corps nm	Body	El cuerpo
Corps étranger	Foreign body	Cuerpo extraño
Côtes (os nm) nf pl.	Ribs	Las costillas
Cou nm.	Neck	El cuello
Couple d'adultes	Pair or couple of adults	Pareja de adultos
Courses de chaleur	Gadding	Carreras de calor
Crâne nm.	Skull	La calavera
Croissance nf.	Growth	El crecimiento
Croûte nf.	Scab	La costra
Cuir nm.	Leather	El cuero
Cycle évolutif	Life cycle	El ciclo vital
Date nf.	Date	La fecha
Désinfectant nm.	Desinfectant	El desinfectante
Développement nm	Development	El desarrollo
Dos nm.	Back	El dorso
Douleur nf.	Pain	El dolor
Durée nf.	Duration	La duración
Eau nf.	Water	El agua
Éclosion nf.	Hatching	La eclosión
Ectoparasite nm	External parasite	El ectoparásito
Effet nm.	Effect	El efecto
Éleveur nm.	Farmer	El ganadero
Enclos nm.	Pen	El corral
Endroit, lieu nm.	Place	El lugar
Environnement nm	Environment	El entorno, el ambiente
Epidémiologie nf.	Epidemiology	La epidemiología
Eructation nf.	Belch	La eructacion
Espèce	Specie	La especie
Essai nm, expérience nf	Experiment	El experimento
Estomac nm.	Stomach	El estomago
Etable nf	Stable	El establo
Etablir	To establish, to ascertain	Establecer
Été nm, hiver nm.	Summer, winter	El verano, el invierno
Etude nf	Study, survey	El estudio
Exploitation nf	Farm	La finca, la explotación
Extraction nf	Extraction	La remoción
Face (partie de la tête)	Face	La cara, par ex. : mosca de cara=mouche de la face

Annexes

Fèces nf. pl.	Faeces	Las heces
Fièvre nf	Temperature, fever	La fiebre
Femelle nf, mâle nm	Female, male	La hembra, el macho
Ferme nf.	Farm	La finca
Flanc	Flank	El lado, el flanco, el ijar
Foie nm	Liver	El hígado
Foin nm	Hay	El heno
Fourrage nm	Forage	El pasto, el forraje
Fracture nf.	Fracture	La fractura
Fromage nm	Cheese	El queso
Furoncle nm	Boil	El forúnculo
Gale nf	Scabies	La sarna
Garrot nm	Withers	La cruz
Génisse nf	Heifer	La vaquilla, la novilla
Genre nm	Genus	El género
Germes nm. pl.	Germs	Los gérmenes
Gestante (femelle gestante) adj.	Pregnant (pregnante female)	Preñada adj. (hembra preñada)
Gestation nf	Pregnancy	El embarazo
Glande nf.	Gland	La glándula
Gratter (se gratter)	To scrape	Rascar (rascarse)
Hérédité nf	Heredity	La herencia
Herbe nf	Grass	La hierba
Hiver nm	Winter	El invierno
Hôte nm	Host	El hospedador
Huile nf	Oil	El aceite
Hypodermose nf	Hypodermosis	La hipodermosis
Ile nf	Island	La isla
Immunité nf.	Immunity	La inmunidad
Incidence nf.	Incidence	La incidencia
Injection nf.	Injection	La inyección
Infestation nf.	Infestation	La infestación
Insecte nm.	Insect	El insecto
Intestin (boyau) nm.	Intestine, bowel, gut	El intestino
Irrité adj.	Rasped adj.	Raspado adj.
Jeune adj.	Young, juvenile	Jóven adj.
Joue nf.	Cheek	La mejilla
Jument nf.	Mare	La yegua
Kyste nm.	Cyst	El quiste
Laine nf.	Wool	La lana
Lait nm.	Milk	La leche
Large spectre	Broad spectrum	Amplio espectro
Larve nf.	Larve, pluriel : larvae	La larva
Lécher vt.	Lick	Lamer vt.
Lésion nf.	Lesion	La lesión
Litière nf.	Bedding	La cama
Localisé adj.	Localized	Colocado adj.
Logement nm.	Housing	El alojamiento
Lutte nf.	Fight	La lucha
Mais nm.	Maize, corn	El maíz

Annexes

Maladie nf.	Disease	La enfermedad nf
Maladie aiguë	Acute disease	Enfermedad aguda
Mamelle nf.	Udder	La ubre
Marché à bestiaux	Cattle market	El mercado de animales
Marge de sécurité	Safety margin	Margen de seguridad
Maturité nf	Maturity	La madurez
Médicament nm	Drug	El fármaco, medicina
Menaces nf. pl. (de la santé par exemple)	Challenges, menaces	threats, Las amenazas
Météorisation nm. ou tympanisme nm.	Bloat, tympany	El timpanismo. exceso de gas en el rumen
Mise en œuvre (d'un traitement par ex.)	Implement	La implementación
Moelle épinière	Spinal cord	La medula espinal
Mois nm.	Month	El mes, pluriel : los meses
Montagne nf.	Mountain	La sierra
Mort nf	Death	La muerte
Moyens de contrôle	Means of control	Las herramientas de manejo
Mouche nf.	Fly	La mosca
Mouches des cornes (<i>Haematobia irritans</i>)	Horn flies	Moscas de cuernos
Mouche domestique (<i>Musca domestica</i>)	Home fly	Mosca casera
Mouche d'étable (<i>Stomoxys calcitrans</i>)	Stable fly	Mosca del establo
Mouche de la face (<i>Musca autumnalis</i>)	Face fly	Mosca de la cara
Mouton nm.	Sheep	El cordero, la oveja
Mue (d'un insecte par ex.) nf.	Molt or moult	La muda
Museau nm.	Muzzle	El hocico
Nodule nm.	Nodule	El nódulo
Nouveau-né adj.	Newborn	Recién nacido
Nez nm.	Nose	La nariz
Œuf nm.	Egg	El huevo
Œsophage nm.	Gullet, oesophagus	El esófago
Oreille nf.	Ear	La oreja
Os nm.	Bone	El hueso
Ovaire nm.	Ovary	El ovario
Paille nf.	Straw	La paja
Paralyse nf.	Paralysis	La paralysis
Parasite nm.	Parasite	El parásito
Patte nf.	Paw	La patta
Pâturage nm.	Pasture, pasturage	El pastoreo
Pays nm.	County	El país
Peau nf.	Hide	La piel
Période nf.	Period	El periodo
Pertes économiques	Economic losses	Pérdidas económicas, daño Económico
Phase nf.	Phase	La fase
Phénomène nm.	Phenomenon	El fenómeno

Annexes

Pied nm.	Leg	La pierna, la pata
Plaie nf.	Wound	La herida
Poids vif	Body weight	El peso corporal
Poil nm.	Hair	El pelo
Poitrail nm.	Breast	El pecho
Porteur nm.	Carrier	El portador
Poudre nf.	Powder	El polvo
Poux nm pl.	Lice (louse)	Los piojos
Prairie nf.	Meadow	La pradera
Prévalence nf.	Prevalence	La prevalencia
Prévention nf.	Prevention	La prevencion
Printemps nm.	Spring	La primavera
Processus nm.	Process	El proceso
Prurit nm.	Pruritus	El prurito
Puce nf.	Flea	La pulga
Pupaison nf.	Pupation	La pupación
Pupe nf.	Pupa, pupae (in plural)	La pupa
Pus nm.	Pus	El pus
Queue nf.	Tail	La cola
Race nf.	Breed, race	La raza
Rare adj.	Scarce	Escarro
Rate nf. (viscère)	Spleen	El bazo
Région nf.	Area	La región
Relation nf.	Relationship	La relación
Repos nm.	Rest	El reposo
Reproduction nf.	Breeding	La reproducción
Résultats nm pl.	Results	Los resultados
Retard nm.	Delay	El retraso
Risque nm.	Risk, hasard	El riesgo
Rumen nm. = panse nf. , réseau nm	Rumen	La panza= el rumen, el librillo= el omaso
Ruminant nm.	Ruminant	El rumiante
Saison nf.	Season	La estacion, la temporada
Salive nf.	Saliva	La saliva
Sang nm.	Blood	La sangre
Sec adj. (climat par exemple).	Dry	Seco
Sel nm.	Salt	Sal
Seringue nf.	Syringe	La jeringa
Sérum nm.	Serum	El suero
Sevrage nm.	Weaning	El destete
Signe nm., symptôme	Sign, symptom	El señal, el simptome
Similaire adj.	Similar	Parecido, parecida, adj. m et f
Sol nm.	Soil, ground	El suelo
Soleil nm.	Sun	El sol
Source nf., source d'infection	Source, source of infection	La fuente, fuente de infeccion
Sous-produit, dérivé	By-product	Subproducto, derivado
Sous- cutané adj.	Subcutaneous	Subcutáneo
Sporadique adj.	Sporadic	Esporádico, esporadica, adj. F et m
Stade larvaire	Larval stage	Estado larvario

Annexes

Système d'exploitation	Cattle management	El sistema de explotación
Système nerveux	Nervous system	El sistema nervioso
Taille nf	Size	La medida, el tamaño
Talon nm	Heel	El talon
Taux nm.	Rate	La tasa
Tête nf.	Head	La cabeza
Tique nf.	Tick	La garrapata
Tissu nm.	Tissue	El tejido
Toux nf.	Cough	La tos
Traite nf.	Milking	El ordeño
Traitement nm.	Treatment	El tratamiento
Transmission nf.	Spread	La transmisión
Trouble nm.	Disorder, disturbance	El trastorno
Troupeau nm.	Flock, herd	El rebaño
Tympanisme (météorisation)	Meteorism	El hinchamiento, el timpanismo
Vacciner	To vaccinate	Vacunar
Utérus nm (matrice nf.)	Womb	La matriz, el útero
Vache nf.	Cow	La vaca
Vaisseaux sanguins	Blood vessels	Vasos sanguíneos
Varon nm.	Warble, grub	El Barro
Veau nm.	Calf	El ternero, el becerro
Veine nf.	Vein	La vena
Veine jugulaire	Jugular vein	Vena jugular
Ver nm.	Worm	El gusano
Vessie nf.	Bladder	La vejiga
Vétérinaire nm	Veterinary surgeon or veterinarian	Veterinario
Viande nf.	Meat	La carne
Vie nf.	Life	La vida
Voie orale	Oral route	Via oral

Résumés en 4
langues

Résumé

Les infestations parasitaires dues aux parasites externes ou ectoparasites constituent un problème vétérinaire majeur dans différentes régions du monde. Parmi celles-ci, l'hypodermose bovine est l'une des parasitoses externes les plus répandues dans l'hémisphère nord dont l'Algérie, où elle est connue sous des noms si évocateurs. Elle est causée par deux espèces de mouches de la famille des Oestridae appartenant au genre *Hypoderma*, *H. bovis* et *H. lineatum*, qui infestent principalement le bétail mais aussi les chevaux et l'Homme.

Dans tout le grand Maghreb, seuls trois principaux auteurs ont exploré plusieurs aspects de cette myiase dans les années 90 du siècle dernier, Benakhla et collaborateurs en Algérie, Jemli et *al.* en Tunisie, Sahibi et autres au Maroc, ce qui nous a incités à mener des recherches à ce propos.

En effet, les différentes études, s'étant déroulées de 2009 à 2015, ont eu lieu dans sept (7) wilayat du Nord Centre Algérien, Bejaia, Tizi Ouzou, Bouira, Boumerdes, Bourdj Bou Arreridj, Ain Defla, Tissemsilt. Ont été abordés les principaux points suivants : la chronobiologie du parasite et la distribution des deux espèces, les facteurs de risque, l'impact économique, l'effet du climat, l'étude sérologique et enfin l'effet annuel,

Il s'en est suivi de l'étude sur la chronobiologie, ayant porté 483 bovins abattus dans l'abattoir de Bejaia, que les hypodermes parasitent, l'œsophage, le canal rachidien et le tissu sous-cutané, respectivement, d'aout à mi-décembre, d'octobre à février et enfin de novembre à mai. L'activité des adultes, dont témoignent les courses de chaleur, s'étend quant à elle, de mars à juin. Dans les trois études ayant inclus les facteurs de risque, le système d'élevage, l'âge des bovins et le recours aux endectocides ont été identifiés comme les facteurs les plus influents sur l'épidémiologie de l'hypodermose bovine. Quant au climat, humide ou semi-aride, celui-ci agit surtout sur la distribution des deux espèces *Hypoderma spp.* De mai à début juillet 2014, 837 sérums bovins ont été obtenus de quatre wilayat du nord centre algérien, Tizi Ouzou, Boumerdes, Bouira et Bourdj Bou Arreridj. La séropositivité globale dans l'ensemble des 4 wilayat était de 49.8% (417 sur 837) alors que cliniquement seuls 25.7% des animaux présentaient des varons. La comparaison des deux méthodes diagnostiques était en faveur du test immuno-enzymatique ELISA indirect en ce qui concerne la sensibilité alors que la spécificité du comptage de nodules est presque de 100%. 976 bovins composant 55 élevages des deux wilayat Bejaia et Tizi Ouzou ont été visités mensuellement de 2012 à 2015 pour servir à l'exploration de l'effet annuel. La prévalence, qui a été calculée pour chacune des trois années d'étude, a varié très significativement en fonction de l'année. L'application du test statistique Khi-deux a montré que c'était la dernière année qui différait significativement quant à la prévalence des deux précédentes. L'intensité, quant à elle, a enregistré des différences significatives en fonction de l'année, en diminuant d'année en année.

Ceci fait, il ne reste plus à démontrer que l'hypodermose bovine est facile à éradiquer du moins en raison de son long cycle endoparasitaire, de sa sensibilité à plupart des antiparasitaires et surtout de la spécificité du diagnostic, y compris le comptage de nodules dont la sensibilité pourrait être grandement améliorée en répétant l'examen clinique à des intervalles mensuels pour Cinq mois. Le diagnostic par les méthodes moléculaires, par PCR à titre d'exemple ne s'impose nullement vu la haute sensibilité du test immuno-enzymatique et l'excellente spécificité du comptage de varons. Les clés morphologiques suffisent pleinement pour distinguer les deux espèces *Hypoderma spp.*

Mots-clé : - Hypodermose bovine /Nord centre Algérien /Epidémiologie /Chronobiologie /facteurs de risque /plan de lutte.

Abstract

The parasitic infestations due to the external parasites constitute a major veterinary problem in various areas of the world. Among those, warble fly infestation of cattle is one of the external parasitosis most widespread in the northern hemisphere including Algeria, where it is known under so evocative names. It is caused by two fly species of the Oestridae family belonging to the genus *Hypoderma*, *H. bovis* and *H. lineatum*, which infest mainly the cattle but also horses and humans.

In all the great Maghreb, only three principal authors explored several aspects of this myiasis in the Nineties of last century, Benakhla and collaborators in Algeria, Jemli et al. in Tunisia, Sahibi and others in Morocco, which encouraged us to undertake research on this subject.

Indeed, the various studies, carried out from 2009 to 2015, took place in seven (7) departments (provinces) in Northern Central Algerian, Bejaia, Tizi Ouzou, Bouira, Boumerdes, Bourdj Bou Arreridj, Ain Defla, Tissemsilt. The main following points were: chronobiology of the parasites and distribution of the two species, risk factors, economic impact, the effect of the climate, the serological study and finally the annual effect,

It was pointed out according to the chronobiology concerning 483 bovines in the slaughterhouse of Bejaia, that the larvae parasitize, the esophagus, the rachidian channel and the subcutaneous tissue, respectively, from August until mid-December, from October till February and finally from November to May. The activity of the adult flies, corresponding to the gadding, extends from March to June. In the three studies having included the risk factors, the management system, the age of the bovines and the use of endectocides were identified as the most influent factors on the epidemiology of warble fly infestation of cattle. As for the climate, humid or semi-arid, this one acts especially on the distribution of the two species *Hypoderma spp.* From May to the beginning of July 2014, 837 bovine serum samples were obtained from four provinces of northern central Algeria, Tizi Ouzou, Boumerdes, Bouira and Bourdj Bou Arreridj. Overall seropositivity was 49.8% (417 out of 837) whereas clinically positivity was only 25.7%. The comparison of the two diagnostic methods was in favour of immuno-enzymatic test i.e. indirect ELISA with regard to the sensitivity whereas the specificity of the counting of nodules is almost 100%. 976 bovines composing 55 herds of from both Bejaia and Tizi Ouzou were visited monthly from 2012 to 2015 to explore the annual effect. The prevalence, which was calculated for each of the three years of study, varied very significantly according to the year. The application of the chi-squared Pearson test showed that the last year differing significantly as regard to the prevalence from the two preceding ones. The intensity, also, recorded significant differences according to the year, while decreasing year after year.

It remains no doubt the warble fly infestation of cattle is easy to eradicate at least because of its long endoparasitic cycle, of its sensitivity to majority of pesticides and especially of specificity of the diagnosis, including the counting of nodules of which the sensitivity could be largely improved by repeating the clinical examination with monthly intervals for Five months. The diagnosis by the molecular methods, by PCR for example is not essential considering the high sensitivity of the immunological diagnostic test and the excellent specificity of the counting of warbles. In addition, the morphological keys are fully efficient to distinguish the two species of *Hypoderma* genus.

Key-words:- Bovine hypodermosis / Northern central Algeria / Epidemiology / Chronobiology / Risk factors / Control plan.

ملخص

الإصابة الطفيلية التي تسببها الطفيليات الخارجية هي مشكلة بيطرية رئيسية في أنحاء مختلفة من العالم. ومن بين هؤلاء، **لنغف البقري** هو واحد من الطفيليات الخارجية الأكثر شيوعا في نصف الكرة الشمالي، بما في ذلك الجزائر، حيث يعرف تحت **لنغف البقري**. وهو ناتج عن نوعين من الذباب *Hypoderma bovis* و *lineatum* التي تصيب أساسا الماشية ولكن أيضا الخيول والبشر.

في جميع أنحاء المغرب الكبير، واستكشفت ثلاثة فقط من الكتاب عدة جوانب من **لنغف البقري** في 90 من لقرن الماضي، Benakhla والموظفين في الجزائر، Jemli وآخرون. تونس Sahibi وغيرهم في المغرب، مما دفعنا إلى إجراء البحوث حول هذا الموضوع.

وواقع أن الدراسات المختلفة التي أجريت في 2009-2015، وقعت في سبعة (7) ولاية مركز الشمال الجزائري، بجاية، تيزي وزو، البويرة، بومرداس، برج بوعريريج، عين الدفلى، تيسمسيلت. نوقشت النقاط الرئيسية التالية: علم البيولوجيا الزمني من الطفيليات وتوزيع كل الأنواع، وعوامل الخطر، والتأثير الاقتصادي، وتأثير المناخ، ودراسة مصلية، وأخيرا تأثير السنوي، تبع ذلك من خلال دراسة علم البيولوجيا الزمني، الذي جلب 483 الماشية المذبوحة في مسلخ بجاية، اليرقات التي تنطفل والمريء والقناة الشوكية والنسيج تحت الجلد، على التوالي، من خلال أغسطس في منتصف ديسمبر كانون الأول من أكتوبر إلى فبراير، وأخيرا من نوفمبر-مايو. النشاط الكبار، كما هو مبين في سباقات الحرارة، وتمتد في الوقت نفسه، من الاستخدام endectocides مارس-يونيو. في الدراسات الثلاث بما في ذلك عوامل الخطر، ونظام الثقافة، وعمر الماشية و التعرف على العوامل الأكثر تأثيرا على علم الأوبئة من يغرد البقري. أما بالنسبة للمناخ الرطب أو شبه قاحلة، هو أساسا على توزيع كل أنواع اللحموية النيابة. من مايو وحتى بداية يوليو 2014، تم الحصول على 837 الماشية الأمصال من أربع ولاية مركز في شمال الجزائر وتيزي وزو وبومرداس والبويرة وبرج بوعريريج. كان إيجابية المصل الكلي في كل ولاية وكانت المقارنة بين طرق 49.84 varons (417 من 837) في حين أظهرت 25.7% سريريا فقط من الحيوانات غير المباشرة فيما يتعلق حساسية عندما خصوصية العقيدات العد هي ما ELISA التشخيص اثنين لصالح انزيم المناعية يقرب من 100%. تمت زيارة 976 ماشية المزارع كل مكون 55 ولاية بجاية وتيزي وزو شهريا 2012-2015 لخدمة استكشاف تأثير السنوي. تم احتساب نسبة لكل سنة من السنوات الثلاث من الدراسة، فقد اختلفت بشكل كبير جدا اعتمادا على السنة. أظهر تطبيق الاختبار الإحصائي مربع كاي أنه كان العام الماضي التي تختلف بشكل كبير في انتشار السابقتين. كثافة، وفي الوقت نفسه، سجلت فروق ذات دلالة إحصائية تبعا للعام، وخفض من سنة إلى أخرى دورة الطويلة، endoparasitic سهلة للقضاء على الأقل بسبب hypodermosis فعلت هذا، يبقى فقط لإثبات أن الأبقار والحساسية لمعظم المبيدات وخصوصا خصوصية التشخيص، بما في ذلك العقيدات العد الحساسية يمكن أن تحسن بشكل كبير من خلال تكرار الفحص السريري على فترات شهرية لمدة خمسة أشهر. التشخيص عن طريق الأساليب الجزيئية، ممتازة. مفتاح الصرفي varons على سبيل المثال لا تفرض ونظرا لحساسية عالية من المناعية الانزيم وخصوصية عد كافية تماما للتمييز بين نوعين اللحموية النيابة

الكلمات الدالة: -- لنغف البقري / الشمال الجزائري / علم الأوبئة / علم البيولوجيا الزمني / عوامل الخطر / المخطط الوقائي.

Resumen

Las infestaciones parasitarias debidas a parásitos externos o ectoparásitos constituyen un notable problema veterinario en diferentes regiones del mundo. Entre éstas, la hipodermosis bovina es una de las parasitosis externas más difundidas en el hemisferio norte incluido Argelia, dónde es conocida bajo nombres muy evocadores. Está causada por dos especies de moscas de la familia de Oestridae que pertenecen al género *Hypoderma*, *H. bovis* y *H. lineatum*, que principalmente infestan el ganado pero también a los caballos y al hombre. En todo el gran Magreb, sólo tres autores exploraron varios aspectos de esta miasis en los años 90 del siglo pasado, Benakhla y col. en Argelia, Jemli y col. en Túnez, Sahibi y col. en Marruecos, lo que nos incitó a conducir investigaciones en este tema. En efecto, los diferentes estudios, hechos del 2009 al 2015, se efectuaron en siete (7) provincias de la zona norcentral argelina, Bugía, Tizi Ouzou, Bouira, Boumerdes, Bourdj Bou Arreridj, Ain Defla, Tissemsilt. Se abordaron los principales puntos siguientes: la cronobiología de estos parásitos y la distribución de ambas especies, los factores de riesgo, el impacto económico, el efecto del clima, el estudio serológico y por fin el efecto anual.

En el estudio sobre la cronobiología, llevada a cabo sobre 483 bovinos sacrificados en el matadero de Bugía, se analizó el esófago, el canal raquidiano y el tejido subcutáneo, respectivamente, de agosto a mediados de diciembre, de octubre a febrero y por fin de noviembre a mayo, respectivamente. La actividad de los adultos, caracterizada por las carreras de calor, se extiende de marzo a junio. En los tres estudios que han incluido los factores de riesgo, el sistema de ganadería, la edad de los bovinos y el uso de endectocidas han sido identificados como los factores más influyentes sobre la epidemiología de la hipodermosis bovina. En cuanto al clima, húmedo o semiárido, éste actúa sobre todo en la distribución de especies *Hypoderma* spp. De mayo a principios de julio de 2014, 837 sueros bovinos han sido recogidos de cuatro provincias de la zona norcentral argelina, Tizi Ouzou, a Boumerdes, Bouira y Bourdj Bou Arreridj. La seropositividad global en el conjunto de las 4 provincias era del 49,8 % (417 de 837) mientras que clínicamente sólo el 25,7 % de los animales presentaban barros.

La comparación de ambos métodos diagnósticos se decantó a favor de la prueba inmunoenzimática ELISA indirecto en cuanto a la sensibilidad mientras que la especificidad del recuento de nódulos fue casi del 100 %. Los 976 bovinos pertenecientes a 55 rebaños de las provincias de Bejaia y Tizi Ouzou fueron visitados mensualmente del 2012 al 2015 para analizar el efecto anual. La prevalencia, que ha sido calculada para cada uno de los tres años de estudio, varió muy significativamente en función del año. La aplicación de la prueba estadística chi-cuadrado mostró que era el último año el que difería significativamente en relación a la prevalencia de los años precedentes. Respecto a la intensidad de parasitación se registraron diferencias significativas en función del año, disminuyendo año tras año.

Este hecho, no hace más que demostrar que la hipodermosis bovina es fácil de erradicar, debido a su largo ciclo endoparasitario, a la elevada sensibilidad a la gran mayoría de los antiparasitarios y sobre todo a la especificidad del diagnóstico, incluido el recuento de nódulos, ya que su sensibilidad se ve muy aumentada al repetir el examen clínico a intervalos mensuales durante cinco meses. El diagnóstico mediante métodos moleculares, como el PCR por ejemplo, no se impone como una necesidad vista la elevada sensibilidad de la prueba inmunoenzimática y la excelente especificidad del recuento de barros. Las claves morfológicas bastan plenamente para distinguir ambas especies *Hypoderma* spp.

Palabras clave: Hipodermosis bovina / norte centro argelino / Epidemiología / cronobiología / factores de riesgo / plan de lucha.