



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI CONSTANTINE
جامعة الإخوة منتوري قسنطينة
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
معهد العلوم البيطرية

N° d'ordre :

Série :

Thèse

**En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Es Sciences en
Sciences Vétérinaires**

Option

Parasitologie

**Ecologie, situations temporelle et spatiale
en Algérie de *Mashallagia marshalli*, parasite
des petits ruminants**

Soutenue publiquement par :

ZOUYED Ilhem

Née le 13 mai 1977 à Constantine

Devant le jury

Président:

Benchikh El Fegoun Med Cherif, Professeur, Université des Frères Mentouri, Constantine.

Examineurs:

Gharbi Mohamed, Professeur, Ecole vétérinaire Sidi Thabet, Tunis.

Ghalmi Farida, Maître de Conférences A, Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, Alger.

Bitam Idir, Maître de Conférences A, Ecole Supérieure en Sciences des Aliments et Industries Agro-alimentaire, Alger.

Directeur de thèse:

Bentounsi Bourhane, Professeur, Université des Frères Mentouri, Constantine.

Année universitaire 2016-2017

Avant propos

Le présent travail a été réalisé sous la direction de Monsieur le Professeur **Bourhane Bentounsi**, Professeur de parasitologie et maladies parasitaires à l'Institut des Sciences Vétérinaires de l'Université de Constantine. C'est le fruit d'une collaboration entre le Laboratoire de Parasitologie et l'INRA de Tours en France.

Au terme de cette thèse, il m'est extrêmement agréable d'évoquer l'appui intellectuel, moral et scientifique dont j'ai bénéficié tout au long de ces années de recherche de la part de Monsieur **Bourhane Bentounsi**. Il m'a initié à la parasitologie, appris ce que je devais apprendre par rapport à un thème aussi vaste que l'helminthologie. Il m'a généreusement mis en contact avec des éminences en parasitologie durant l'accomplissement de mes stages de formation. Je lui voue une admiration unique, sa passion pour son travail et inégalable; son honnêteté morale et scientifique, sa compétence, sa pertinence, sa rigueur sont exemplaires. A part lui, Je ne connais pas de directeur de thèse qui soit aussi impliqué, aussi dévoué, il est vraiment unique, exceptionnel ! Toutes ces années de thèses nous ont rapprochés aussi bien sur le plan humain que scientifique : pour moi, mon mari et mes enfants, il est considéré maintenant comme un membre à part entière de la famille. J'espère que son départ à la retraite lui apportera sérénité et tranquillité et un peu de repos dûment mérité.

Je remercie de tout cœur Monsieur **Jacques Cabaret**, directeur de recherche à l'INRA de Tours et responsable de l'équipe résistance et virulence des parasites qui a montré une très grande disponibilité à mon égard. Son magnifique esprit, sa vision unique des choses de la vie et sa modestie m'ont toujours fascinée. Sa vaste connaissance passant de la sociologie à la philosophie sont extraordinaires. Je lui en suis reconnaissante tant pour l'aide qu'il m'a apporté durant les stages et durant la rédaction de l'article ainsi que pour tous les moments qui nous ont réunis à l'INRA.

Mes vifs remerciements vont à Mme **Christine Sauvé** technicienne à la retraite au laboratoire de résistance des nématodes à l'INRA de Tours pour son aide technique, scientifique et morale et pour les excellentes rencontres amicales qu'on a eu par la suite.

J'adresse mes vifs remerciements aux professeurs qui m'ont fait l'honneur d'examiner mon travail sous la présidence de Monsieur **Mohamed Cherif**

Benchikh El Fegoun, Professeur à l'Institut des Sciences Vétérinaires de Constantine : mon enseignant, avec qui je garde d'excellentes relations aussi bien humaines que professionnelles.

Monsieur **Mohammed Gharbi**, Professeur à l'Ecole Vétérinaire de Sidi Thabet, Tunis que je connais depuis peu mais chez qui j'admire les connaissances, la modestie et la philosophie du partage.

Madame **Farida Ghalmi**, Maitre de Conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, que j'ai eu l'occasion de rencontrer durant quelques manifestations scientifiques et qui évoque parmi la génération des jeunes parasitologues, fraîcheur et efficacité.

Monsieur **Idir Bitam**, Maitre de Conférences à l'Ecole Supérieure en Sciences des Aliments et Industries Agro-alimentaire d'Alger, aussi modeste que réputé dans le domaine de la recherche scientifique et que je ne connais pas personnellement mais souhaiterai découvrir lors de ma soutenance.

Mes remerciements vont à Monsieur **Meradi Salah** maître assistant à l'Université de Batna pour avoir eu l'amabilité d'assurer le contact entre moi et l'INRA de Tours.

J'adresse mes vifs remerciements au personnel de l'abattoir de Boussouf à Constantine, entre vétérinaires et travailleurs pour l'aide qu'ils ont apporté durant toutes les années de collectes des prélèvements.

Je remercie Madame **Ahmed Nacer Sabrina** inspectrice vétérinaire à l'abattoir d'Annaba pour sa disponibilité et son amabilité.

Je tiens également à remercier tous les étudiants de fin de cycle pour leur enthousiasme pour le thème « Marshallagia ». Je citerai entre autres : Souyout, F; Bouchama, N; Aouadi, F; Sahtout, C; Taloub, S; Souahla, N; Moumenin, S; Kheznadji, H; Zeghidi, M R; Hadji, R, Arzour, M; Bara, S; Behlouli, W; Beztout, O; Hachemaoui, S; Hamamid, Dj; Boucheche, A; Bouchelaghem, Dj; Laid, M F et Ikhlef, B.

Je remercie tendrement mes amis d'enfance; ceux qui sont restés immuables et fidèles à nos principes et pensées de bonté d'honnêteté et de justice.

Je remercie Juliana Fortes Braga ma colocatrice pour l'excellent mois qu'on a passé ensemble à Tours, les moments de rupture de jeûne, nos sorties et tout le reste.

Je ne remercierai jamais assez ma famille; ma mère, ma tante mes sœurs; Radja ainsi que son mari Toufik, Khalissa et Khaled, Amel et Houssine et Safia; merci pour l'amour qu'ils me vouent et l'appui inconditionnel que j'ai pu bénéficier de leur part durant toute ma vie.

Je remercie mon tendre époux *Ferhat* pour sa patience et son affection durant toutes ces années qui m'ont un peu éloignée de lui et de mes enfants *Issam* et *Nihel*. Je remercie le tout puissant pour ce qu'il m'a généreusement offert, j'espère pouvoir être assez reconnaissante et « répandre » un peu d'amour autour de moi.

Ce travail de recherche a fait l'objet de deux publications scientifiques :

- **Zouyed I.**, Cabaret J., Bentounsi B. Climate influences assemblages of abomasal nematodes of sheep on steppe pastures in the east of Algeria. *Journal of Helminthology*, publié en ligne le 1 décembre 2016, DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022149X16000845>
- Meradi S., Bentounsi B., **Zouyed I.**, Cabaret J. The steppe species of gastrointestinal nematodes of small ruminants, with a focus on *Marshallagia*: climate as a key determinant. *Parasite*, 2011, 18, 261-269. <http://parasite-journal.org/P3V183R9.html>

Dédicaces

À 'Beba' Que Dieu ait son âme

À mon mari et mes enfants

À ma mère et ma tante

À mes sœurs

À ma belle famille

À tous mes amis

À toute personne qui prendra la peine

de lire cette thèse

Them

Tables des matières

Avant propos.....	I
Dédicace.....	Iv
Table des matières.....	V
Liste des tableaux.....	X
Liste des figures.....	Xiii
Liste des annexes.....	Xvi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE	
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. <i>Qui est « Marshallagia marshalli » ?</i>	4
1. Position systématique.....	5
2. Localisation.....	5
3. A quoi ressemble <i>Marshallagia marshalli</i> ?.....	5
3.1. Morphologie.....	5
3.2. Cycle évolutif.....	8
4. Où peut-on rencontrer <i>Marshallagia marshalli</i> ?.....	8
4.1. Hôtes et distribution géographique.....	8
II. <i>Qu'est ce que l'écologie des maladies parasitaires ?</i>	11
1. Epidémiologie et écologie des maladies gastro-intestinales chez les ruminants....	11
1.1. Epidémiologie et parasitisme.....	11
1.2. Ecologie et parasitisme.....	12
1.2.1. Termes écologiques en parasitologie.....	12
1.3. Biologie des stades parasitaires.....	13

III. Quel effet a le climat sur les parasites gastro-intestinaux ?	15
1. Influence de l'environnement sur les stades parasitaires libres.....	17
2. Développement de l'œuf jusqu'au stade de larve infestante.....	17
3. Migration et survie des larves infestantes.....	19
3.1. Facteurs influençant la migration des L3.....	19
3.2. Survie de la larve infestante.....	19

**DEUXIEME PARTIE
ETUDE EXPERIMENTALE**

Chapitre I : Situations temporelle et spatiale de <i>Marshallagia marshalli</i> dans l'Est algérien	21
1. Introduction.....	21
2. Matériel et méthodes.....	21
2.1. Prélèvements	21
2.2. Cadre de l'étude.....	22
2.2.1. Caractéristiques climatiques des sites de l'étude.....	23
2.2.1.1. Aperçu sur les zones bioclimatiques caractérisant l'Est algérien.....	23
2.2.1.2. Les sites de l'étude.....	23
2.2.1.2.1. El Ancer.....	25
2.2.1.2.2. Annaba.....	26
2.2.1.2.3. Azzaba.....	27
2.2.1.2.4. Ferdjioua.....	28
2.2.1.2.5. Grarem.....	29
2.2.1.2.6. Soukahras.....	31
2.2.1.2.7. El Eulma.....	32
2.2.1.2.8. Sétif.....	33

2.2.1.2.9. Mila.....	34
2.2.1.2.10. Constantine.....	35
2.2.1.2.11. Hassi Messaoud.....	36
2.2.1.2.12. Biskra.....	37
2.3. Méthodes statistiques.....	38
3. Résultats.....	38
3.1. Faune et charges parasitaires.....	38
3.2. Fréquences et prévalences parasitaires.....	39
3.2.1. Dans l'ensemble des domaines bioclimatiques.....	39
3.2.2. Dans le domaine bioclimatique humide.....	41
3.2.3. Dans le domaine bioclimatique subhumide.....	41
3.2.4. Dans le domaine bioclimatique semi-aride.....	42
3.2.5. Dans le domaine bioclimatique aride.....	43
3.3. Effets des facteurs écologiques sur la répartition des parasites de la caillette des ovins	43
3.3.1. Analyse de l'effet « domaine » sur la répartition des parasites de la caillette des ovins.....	45
3.3.2. Analyse de l'effet « site » sur la répartition des parasites de la caillette des ovins.....	47
3.3.3. Analyse de l'effet « mois » sur la répartition des parasites de la caillette des ovins.....	49
3.3.4. Analyse de l'effet combiné du site et du mois sur la répartition des parasites de la caillette des ovins dans l'Est algérien.....	56
3.4. Saisonnalité des regroupements parasitaires des nématodes de la caillette chez les ovins dans l'est algérien.....	58
3.5. Relation des nématodes de la caillette des ovins avec les variables climatiques	60
3.5.1. Cas de <i>Marshallagia marshallagi</i>	63
4. Discussion.....	68

Chapitre II : Ecologie de <i>Marshallagia marshalli</i> parasite de la caillette des ovins	76
1. Introduction.....	76
2. Matériel et méthodes.....	76
2.1. Les parasites.....	76
2.2. Les animaux.....	77
2.3. Amplification de l'isolat parasitaire.....	78
2.4. Protocole expérimental.....	79
2.4.1. Cinétique de l'excrétion des œufs.....	79
2.4.2. Développement des stades parasitaires.....	79
2.4.2.1. Viabilité des œufs.....	79
2.4.2.1.1. Extraction des œufs.....	79
2.4.2.1.2. Test d'éclosion des œufs.....	80
2.4.2.2. Développement de l'œuf jusqu'au stade larve 3 à différentes conditions.....	80
2.4.3. Taux d'installation.....	82
2.4.4. Sensibilité des L3 à la dessiccation.....	82
2.4.5. Fécondité et fertilité.....	82
3. Résultats.....	83
3.1. Cinétique de l'excrétion des œufs de <i>Marshallagia marshalli</i>	83
3.2. Développement des stades parasitaires.....	85
3.2.1. Viabilité des œufs.....	85
3.2.2. Développement de l'œuf au stade larve L3 à différentes conditions de température et d'humidité pondérale.....	86
3.2.3. Bilan parasitaire et taux d'installation.....	89
3.2.4. Sensibilité des L3 à la dessiccation.....	89

3.2.5. Fécondité et fertilité.....	90
4. Discussion.....	91
Chapitre III : Caractères morphologiques de la larve infestante de <i>Marshallagia marshalli</i> parasite de la caillette des petits ruminants	95
1. Introduction.....	95
2. Matériel et méthodes.....	95
2.1. Caractéristiques morphologiques et morphométriques de l'œuf.....	95
2.2. Caractéristiques morphologiques et morphométriques de la larve infestante (L3)	95
3. Résultats.....	96
3.1. Caractéristiques morphologiques et morphométriques de l'œuf de <i>Marshallagia marshalli</i>	96
3.2. Caractéristiques morphologiques et morphométriques de la larve infestante (L3) de <i>Marshallagia marshalli</i>	97
4. Discussion.....	99
CONCLUSION GENERALE.....	101
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	103
ANNEXES.....	120
Résumé en français	
Résumé en anglais	
Résumé en arabe	

Liste des tableaux

Tableau 1.	Caractères morphologiques du mâle de <i>Marshallagia marshalli</i>	6
Tableau 2.	Caractéristiques climatiques des sites de l'étude.....	24
Tableau 3.	Table climatique de la région d'El Ancer.....	26
Tableau 4.	Table climatique de la région d'Annaba.....	27
Tableau 5.	Table climatique de la région d'Azzaba.....	28
Tableau 6.	Table climatique de la région de Ferdjioua.....	29
Tableau 7.	Table climatique de la région de Grarem.....	30
Tableau 8.	Table climatique de la région de Soukahras.....	32
Tableau 9.	Table climatique de la région d'El Eulma.....	33
Tableau 10.	Table climatique de la région de Sétif	34
Tableau 11.	Table climatique de la région de Mila.....	35
Tableau 12.	Table climatique de la région de Constantine.....	36
Tableau 13.	Table climatique de la région de Hassi Messaoud.....	37
Tableau 14.	Table climatique de la région de Biskra.....	38
Tableau 15.	Nombre de vers, intensités et prévalences des nématodes de la caillette chez les ovins, dans 12 abattoirs localisés dans différents sites bioclimatiques de l'est algérien.....	39
Tableau 16.	Le test de Shapiro-Wilk (W) de normalité sur les différentes variables.	44
Tableau 17.	Tests univariés en considérant le domaine.	
Tableau 18.	Analyse de régression linéaire en considérant le domaine.....	45
Tableau 19.	Tests multi variés de significativité avec le site.....	46

Tableau 20.	Analyse de régression linéaire avec les coefficients en considérant le site.....	47
Tableau 21.	Tests multi variés de significativité avec le mois.....	49
Tableau 22.	Charges moyennes mensuelles de <i>Teladorsagia circumcincta</i>	51
Tableau 23.	Charges moyennes mensuelles de <i>Marshallagia occidentallis</i>	52
Tableau 24.	Charges moyennes mensuelles d' <i>Ostertagia ostertagi</i>	53
Tableau 25.	Charges moyennes mensuelles de <i>Marshallagia marshalli</i>	54
Tableau 26.	Charges moyennes mensuelles de <i>Trichostrongylus sp.</i>	55
Tableau 27.	Charges moyennes mensuelles d' <i>Haemonchus sp.</i>	56
Tableau 28.	Abondance des nématodes de la caillette des ovins dans 12 sites de l'est algérien.....	57
Tableau 29.	Corrélations par le coefficient de Spearman de l'abondance et des proportions des espèces parasitaires avec les variables climatiques.....	61
Tableau 30.	Corrélations avec le coefficient R entre les parasites et les variables climatiques.....	62
Tableau 31.	Conditions de développement des coprocultures testées pour <i>Marshallagia marshalli</i>	82
Tableau 32.	Cinétique de l'excrétion des œufs sur un agneau inoculé par 1740 L3 de <i>Marshallagia marshalli</i>	84
Tableau 33.	Taux d'éclosions des œufs de <i>Marshallagia marshalli</i> par le test d'éclosion.....	86
Tableau 34.	Nombre de larves L3 et pourcentage des œufs évoluant en larves L3 de <i>Marshallagia marshalli</i> dans les différentes conditions de température et d'humidité.....	87
Tableau 35.	Bilans parasitaires des 4 infestations expérimentales par <i>Marshallagia marshalli</i>	89
Tableau 36.	Nombre et taux de survie des larves 3 de <i>Marshallagia marshalli</i> après dessiccation.....	90

Tableau 37. Dimensions et fertilité de la femelle de <i>Marshallagia marshalli</i>	90
Tableau 38. Morphométrie de la larve 3 de <i>Marshallagia marshalli</i> développée en conditions optimales.....	97

Liste des figures

Figure 1.	Morphologie de <i>Marshallagia marshalli</i>	7
Figure 2.	Spicules du mâle de <i>Marshallagia marshalli</i>	7
Figure 3.	Distribution géographique de <i>Marshallagia marshalli</i> chez les ongulés sauvages et domestiques.....	10
Figure 4.	Cycle de développement des strongles gastro-intestinaux et facteurs de l'environnement.....	16
Figure 5.	Variations de température de développement des espèces majeures de Trichostrongylidae du stade œuf jusqu'à la larve infestante (L3).....	18
Figure 6.	Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'est algérien.....	23
Figure 7.	Carte simplifiée des différents sites bioclimatiques de l'étude.....	25
Figure 8.	Diagramme climatique de la région d'El Ancer.....	26
Figure 9.	Diagramme climatique de la région d'Annaba.....	27
Figure 10.	Diagramme climatique de la région d'Azzaba.....	28
Figure 11.	Diagramme climatique de la région de Ferdjioua.....	29
Figure 12.	Diagramme climatique de la région de Grarem.....	30
Figure 13.	Diagramme climatique de la région de Soukahras.....	31
Figure 14.	Diagramme climatique de la région d'El Eulma.....	32
Figure 15.	Diagramme climatique de la région de Sétif.....	33
Figure 16.	Diagramme climatique de la région de Mila.....	34
Figure 17.	Diagramme climatique de la région de Constantine.....	35

Figure 18.	Diagramme climatique de la région de Hassi Messaoud.....	36
Figure 19.	Diagramme climatique de la région de Biskra.....	37
Figure 20.	Proportions et prévalences des nématodes de la caillette chez les ovins, dans 12 abattoirs localisés dans différents sites bioclimatiques de l'est algérien.....	40
Figure 21.	Nombre de vers et proportions des nématodes de la caillette chez les ovins, dans 12 abattoirs localisés dans 4 domaines bioclimatiques de l'est algérien.....	40
Figure 22.	Proportions et prévalences des nématodes de la caillette chez les ovins, dans les sites (abattoirs) localisés dans le domaine humide de l'est algérien.....	41
Figure 23.	Proportions et prévalences des nématodes de la caillette chez les ovins, dans les sites (abattoirs) localisés dans le domaine subhumide de l'est algérien.....	42
Figure 24.	Proportions et prévalences des nématodes de la caillette chez les ovins, dans les sites (abattoirs) localisés dans le domaine semi-aride de l'est algérien	42
Figure 25.	Proportions et prévalences des nématodes de la caillette chez les ovins, dans les sites (abattoirs) localisés dans le domaine aride de l'est algérien.....	43
Figure 26.	Variations des charges parasitaires moyennes des nématodes de la caillette des ovins dans 4 domaines bioclimatiques de l'est algérien.....	47
Figure 27.	Variations des charges parasitaires moyennes des nématodes de la caillette des ovins dans douze sites de l'est algérien.....	48
Figure 28.	Cinétiques des charges moyennes mensuelles des nématodes de la caillette des ovins dans douze sites de l'est algérien.....	50
Figure 29.	Proportions de <i>Marshallagia marshalli</i> chez les ovins dans 12 sites de l'est algérien.....	58
Figure 30.	Proportions mensuelles des trois principales espèces de parasites de la caillette (<i>T. circumcincta</i> , <i>M. marshalli</i> et <i>Trichostrongylus sp.</i>) dans le domaine subhumide chez les ovins dans l'est algérien.....	59
Figure 31.	Proportions mensuelles des trois principales espèces de parasites de la caillette (<i>T. circumcincta</i> , <i>M. marshalli</i> et <i>Trichostrongylus sp.</i>) dans le domaine semi-aride chez les ovins dans l'est algérien.....	59
Figure 32.	La relation entre l'abondance des différents nématodes et les facteurs climatiques (pluviométrie, et l'indice d'Emberger en utilisant l'analyse en composante principale (ACP).....	63

Figure 33.	Dendogramme de regroupement hiérarchique de la relation entre l'abondance des nématodes et la pluviométrie (Rain)	64
Figure 34.	Dendogramme de regroupement hiérarchique de la relation entre les proportions (pc) des nématodes et la pluviométrie (Rain)	64
Figure 35.	Relation entre la pluviométrie et les charges de <i>Teladorsagia circumcincta</i>	65
Figure 36.	Relation entre la pluviométrie et les charges de <i>Trichostrongylus sp.....</i>	66
Figure 37.	Relation entre la pluviométrie et les charges de <i>Marshallagia marshalli</i>	67
Figure 38.	Dispositif (ceinture) de récolte des fèces chez les ovins.....	78
Figure 39.	Cinétiques comparatives de l'excrétion des œufs de <i>Marshallagia marshalli</i> par 4 différents inoculats infestants de L3.....	85
Figure 40.	Développement des œufs de <i>Marshallagia marshalli</i> en L3 en fonction de la température selon trois taux humidités pondérales (30%, 60% et 70%).....	88
Figure 41.	Développement des œufs de <i>Marshallagia marshalli</i> en L3 en fonction de l'humidité pondérale à 5 températures différentes (4°C, 8°C, 23°C, 28°C et 30°C)	88
Figure 42.	Protocole de la morphométrie de la larve infestante (L3) de <i>Marshallagia marshalli</i>	96
Figure 43.	Photographie de l'oeuf de <i>Marshallagia marshalli</i>	97
Figure 44.	Photographie personnelle de la larve de stade 3 de <i>Marshallagia marshalli</i>	98

Liste des annexes

Annexe 1.	Bilans des caillettes des ovins dans les 12 abattoirs de l'Est algérien.....	129
Annexe 2.	Coefficients de corrélation de Spearman des différentes espèces parasitaires avec les variables climatiques.....	145
Annexe 3.	Morphométrie des œufs de <i>Marshallagia marshalli</i>	146
Annexe 4.	Morphométrie des larves infestantes de <i>Marshallagia marshalli</i>	150

Introduction générale

Introduction générale

L'élevage ovin joue un rôle rituel et culturel ancestral dans la société algérienne. Par ces effectifs, il domine l'activité économique agricole des régions steppiques. Les aléas climatiques, nutritionnels et pathologiques entravent son développement. Les infestations par les nématodes digestifs, lors de l'exploitation des pâturages infestés par des formes libres de parasites, évoluant durant des périodes climatiques propices sont responsables des baisses importantes des productions. La maîtrise de ce parasitisme est considérée comme un élément essentiel de la gestion de la santé d'un troupeau (Cabaret, 2004)

Localement, l'évaluation de ce parasitisme est subjective et son contrôle se fait aux mêmes dates quelle que soit la région, prenant un aspect de campagne nationale (Bentounsi et Maatallah, 2008). Des pratiques anarchiques par l'utilisation aveugle d'antiparasitaires souvent de mauvaise qualité (Bentounsi et al, 2003 et Bentounsi et al 2009) qui ont engendré le développement de souches chimiorésistantes aux benzimidazoles et aux lactones macrocycliques chez les ovins (Bentounsi et al, 2006; Bentounsi et al, 2007).

Les études de ce parasitisme recensées en Algérie (Bentounsi et al, 2001; Boukaboul et Moulay, 2006; Saidi et al, 2009 et Triki- Yamani et Bachir Bacha; 2010) se sont limitées essentiellement aux méthodes coproscopiques, souvent réalisées à une échelle régionale ou durant des périodes ponctuelles.

Une seule dynamique annuelle de ce parasitisme moyennant les méthodes nécropsiques sur des agneaux traceurs a été observée dans la région de Batna (Bentounsi et al, 2012) dans le cadre d'un projet national de recherche. Cette étude a caractérisé la faune locale strongylienne digestive par onze espèces où *Teladorsagia circumcincta* était significativement printanière, *Haemonchus contortus* et *Nematodirus helvetianus* estivales, *Marshallagia marshalli* et *Trichostrongylus colubriformis* automnales et *Trichostrongylus vitrinus* hivernale. La charge en vers adultes était préoccupante en aout et en automne. Ce parasitisme était mieux indiqué

par les scores cliniques caractérisant la diarrhée puis de l'anémie mais pas par le poids de l'animal.

Nos objectifs sont d'abord la continuité de ce travail par l'évaluation de cette faune strongylienne au niveau de tous les étages bioclimatiques qui caractérisent l'Algérie. Notre étude s'est limitée aux parasites de la caillette, car y figure parmi eux un parasite emblématique des zones steppiques (Suarez et Cabaret, 1991; Meradi et al, 2011), *Marshallagia marshalli* objet principal de notre thèse. Ce nématode est peu connu. Il est souvent non signalé dans l'étiologie des strongyloses dans les manuels de parasitologie. Sa résistance aux anthelminthiques a été évoquée pour la seule fois, en Algérie par Bentounsi et al en 2007, dans 4 fermes pour l'albendazole et 3 fermes pour l'ivermectine parmi la dizaine de fermes pilotes étudiées. Ce qui est énorme et suggère une résistance innée au regard de la faible prolificité de ce nématode.

Une méta analyse réalisée à grande échelle de l'Espagne à la Mongolie (Meradi et al 2011) regroupant toutes les données sur *Marshallagia marshalli* depuis 1930 et jusqu'à 2010, a montré chez les ovins et les caprins une distribution géographique associée au climat steppique (hivers froids et étés chauds et secs). Il était plus constant dans des contrées constituant les berceaux de domestication des ovins, le Moyen Orient et le nord de l'Inde, tandis que sa distribution chez les ongulés sauvages était beaucoup plus large. Sous ce climat, sa distribution avait une relation linéaire avec la faible pluviométrie à l'inverse de ce qui est noté pour les autres strongles.

Ainsi nos objectifs sont surtout de préciser dans un premier temps la prévalence, l'intensité saisonnière de l'infestation et la relation des parasites de la caillette avec la climatologie ce qui nous permettra d'évaluer à petite échelle de l'est algérien l'adaptation à un climat intéressant car varié de l'humide à l'aride (Côte, 1998). Ceci nous amènera par conséquent ensuite à préciser les paramètres écologiques de développement des formes libres, œufs et larves infestantes de *Marshallagia marshalli* en condition expérimentale pour tenter de comprendre les résultats épidémiologiques observés. En finira par élucider pour ce parasite la description des formes infestantes observées en coproculture, jamais décrites dans la littérature, ce qui permettra d'affiner le diagnostic et l'étude de sa représentativité sur le terrain.

La partie expérimentale comportera ainsi trois chapitres, celui de la situation temporelle et spatiale des parasites de la caillette dans l'Est algérien et leurs relations

avec le climat au niveau de douze sites différents localisés aux quatre domaines bioclimatiques. Le deuxième chapitre comportera les études biologiques de *Marshallagia marshalli* en infestation expérimentale puis les études écologiques en laboratoire qui porteront sur le suivi de l'évolution des stades libres. Principalement la cinétique de l'excrétion, la viabilité des œufs, le développement des œufs en L3 en conditions optimales et extrêmes de froid et de dessèchement ainsi que la sensibilité de la forme infestante à la dessiccation ont été étudiés. Le dernier chapitre est consacré au descriptif des standards conventionnels morphologiques et morphométriques de la larve infestante L3 et des œufs de *Marshallagia marsalli* pour une meilleure identification et maîtrise.

Ces résultats sont précédé d'une partie théorique consacrée à la description morphologique, biologique et épidémiologique de *Marshallagia marshalli* suivi d'un chapitre dédié à l'écologie des maladies parasitaires et à l'effet des différents facteurs climatiques sur leur biologie, ce qui permet de bien cerner l'épidémiologie des parasites gastro-intestinaux des ruminants en relation avec les facteurs climatiques.

Première partie

Revue bibliographique

I. Qui est Marshallagia marshalli ?

La première description de *Marshallagia marshalli* fut rapportée en 1907 par Ransom chez le mouton domestique dans les régions montagneuses de l'état du Montana aux Etats Unis.

En 1932, Dikmans signala ce parasite chez les cerfs au parc national du Yellowstone dans le Wyoming et en 1945, Lucker et Dikmans rapportent sa présence pour la première fois chez les antilopes (Bergstrom, 1975).

Entre 1907 et 1932, *Marshallagia marshalli* a été décrit dans la littérature sous plusieurs synonymes (Durette-desset, 1982 et Lichtenfels et Pilitt, 1989) :

Ostertagia marshalli par Ransom en 1907;

Ostertagia brigantiaca par Blanchard en 1909;

Ostertagia marshalli par Blanchard en 1909;

Ostertagia tricuspis par Marotel en 1912;

Ostertagia orientalis par Bhalero en 1932.

La taxonomie de cette espèce est restée stable jusqu'en 1946 date de déroulement d'un « *Ostertagia* Workshop » où ont été revus aussi bien *Ostertagia* spp. que *Teladorsagia* spp. Les investigations ultérieures ont fait le point sur *Marshallagia marshalli* comme hôte de la caillette chez les ruminants sauvages et domestiques de l'Amérique du Nord (Lichtenfels et Hoberg, 1993).

En 1954, Skrjabin classe *Marshallagia marshalli* comme l'espèce majeure dans le genre *Marshallagia* qui comporte au moins 11 espèces. Ce parasite sera toutefois longtemps décrit comme similaire à *Ostertagia* (Soulsby, 1968; Lévine, 1978). Durette-Desset en 1982 l'introduit dans la sous famille des *Ostertaginae* par rapport aux caractères morphologiques du mâle avant qu'il ne soit contreversement reconnu comme morphotype mineur de *Grosspiculagia* et intégré à la sous-famille des *Ostertaginae* (Drozd, 1995).

1. Position systématique

La position systématique de *Marshallagia marshalli* est comme suit (www.gbif.org, 2015):

- **Reigne** *Animalia*
- **Embranchement** *Nematoda*
- **Classe** *Secernentea*
- **Ordre** *Strongylida*
- **Famille** *Trichostrongylidae*
- **Sous-famille** *Ostertagiinae*
- **Genre** *Marshallagia*
- **Espèce** *Marshallagia marshalli*

2. Localisation

La principale et unique localisation anatomique de *Marshallagia marshalli* est la caillette des ongulés aussi bien domestiques que sauvages (Soulsby, 1968; Levine, 1978 et Lefèvre, 2010).

3. A quoi ressemble *Marshallagia marshalli* ?

3.1. Morphologie

Marshallagia marshalli appartient à la sous-famille des Ostertagiinae, cette dernière est connue par un ensemble de caractéristiques dont les principaux sont:

L'absence de vésicule céphalique et de capsule buccale, une bouche bien marquée dépourvue de dents, des spicules divisés en deux ou trois branches, une bourse caudale à deux lobes latéraux réunis par un petit lobe médian, un gubernaculum inconstant (Euzéby, 2008).

Le mâle de *Marshallagia marshalli* mesure 10-13 mm avec des spicules à extrémité distale sans membrane en forme d'éventail et divisée en trois rameaux s'effilant en pointe. La côte dorsale est longue et grêle. Il a de puissants lobes latéraux quelque peu asymétriques, faiblement ou pas du tout délimités par un long lobe médian

(Tableau 1, Figure 1 et Figure 2) (Orloff, 1933). Sa configuration est de type 2-1-2 (Lichtenfels et al, 1988 ; Lichtenfels et Hoberg, 1993).

Tableau 1: Caractères morphologiques du mâle de *Marshallagia marshalli* (Skrjabin, 1954).

Caractères	<i>Marshallagia marshalli</i>
Point où les spicules se divisent en trois rameaux	Quart postérieur du spicule.
Les branches médiales et dorsales des spicules	Approximativement de longueur égale et presque de la même longueur que la branche latéro-ventrale.
Côte dorsale	Longueur totale de 280-400 µm.
Gubernaculum	Absent.

La femelle de *Marshallagia marshalli* mesure 12-20 mm avec une vulve située dans la moitié postérieure du corps. Elle est reconnaissable grâce à la taille exceptionnellement grande de ses œufs (172 sur 82µ) (Chitwood, 1937; Soulsby, 1968; Levine, 1978 et Lichtenfels et Hoberg, 1993).

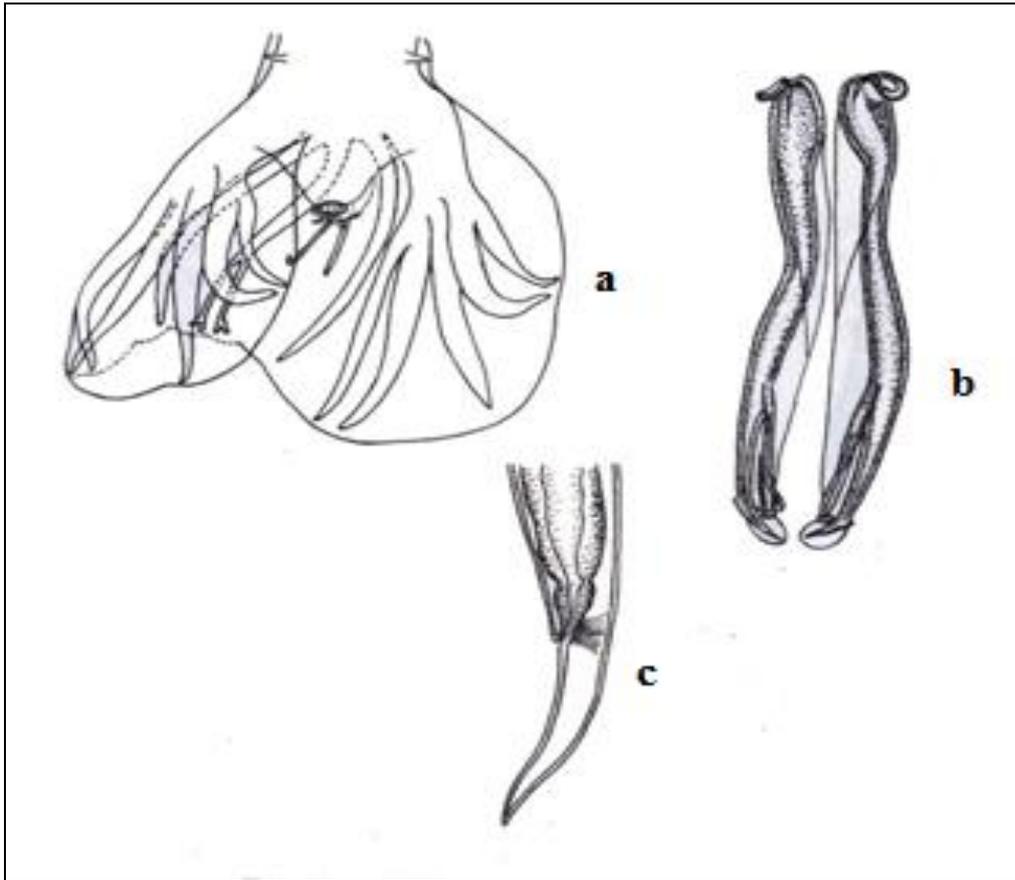


Figure 1 : Morphologie de *Marshallagia marshalli* : **a-** bourse du mâle, **b-** spicules, **c-** extrémité caudale de la femelle (Orloff, 1933 d'après Gorschkow).

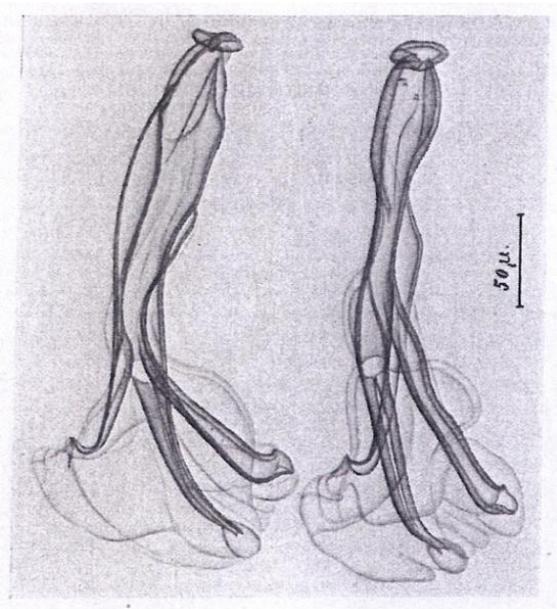


Figure 2 : Spicules du mâle de *Marshallagia marshalli* (Orloff, 1933 d'après Gorschkow).

3.2. Cycle évolutif

Marshallagia ressemble dans son évolution au reste des Trichostrongilidae avec un cycle monoxène comprenant une phase libre dans le milieu extérieur et une phase parasitaire chez l'hôte.

a) Phase de vie libre

Les œufs, pondus par les femelles sont éliminés avec les fèces et répandus sur le pâturage. En conditions favorables, les œufs subissent un développement embryonnaire rapide des leur sortie de l'hôte, au sein des fèces. Après éclosion, passage par 2 stades larvaires suite à 2 mues successives pour la formation des larves infestantes du 3^{ème} stade (L3). Elles sont alors très résistantes dans le milieu extérieur, très mobiles et peuvent se déplacer sous l'effet de l'hygrométrie et sont accessibles aux hôtes au cours de l'ingestion de l'herbe (Gruner et Cabaret, 1985).

b) Phase parasitaire

Après ingestion, les L3 pénètrent dans la muqueuse du tube digestif. Elles subissent un dégainement suivi d'une mue qui donne naissance à des larves du 4^{ème} stade (L4). Ces larves grandissent et une dernière mue aboutit au stade 5 (pré-adultes ou juvéniles) puis aux vers adultes dans la lumière du tube digestif. Les adultes sont des vers sexués et les femelles après accouplement, commencent à produire des œufs et les élimineront dans les matières fécales quelques semaines après l'infestation (Gruner et Cabaret, 1985 et Kutz et al, 2012).

4. Où peut-on rencontrer *Marshallagia marshalli* ?

4.1. Hôtes et distribution géographique

Marshallagia marshalli est un parasite de la caillette des ongulés domestiques et sauvages. Bon nombre d'auteurs l'ont rapportés chez les bovidés et les cervidés sauvages comme le bœuf musqué (Muskoxen), le caribou, le renne (Reindeer), l'antilope, le mouflon d'Amérique (Bighorn sheep), le mouton sauvage (Wild sheep), le mouflon arménien (*Ovis orientalis*), le chevreuil, le saiga, le guanaco, la chèvre sauvage ou le chamois (Bergstrom, 1975; Eslami et al, 1979; Halvorsen et Bye, 1999; Hoberg et al, 2001; Zaffaroni *et al*, 2000 et Kutz et al, 2012).

Par contre, chez les animaux domestiques, il n'a été enregistré que chez les ovins, les caprins et les chameaux sans jamais infester les bovins (Dakkak et Ouhelli, 1987; Borji et al, 2011 et Meradi et al, 2011).

La distribution géographique de *Marshallagia marshalli* étudiée dans la méta analyse de Meradi et al en 2011 révèle que la présence de ce parasite est relativement étendue chez les ongulés sauvages dans les différents continents. La plus grande partie de la répartition est associée aux régions montagneuses excepté chez le renne de Spitzberg en Norvège. En effet, les ongulés sauvages ont disséminé *Marshallagia marshalli* à travers les climats polaires.

Chez la faune domestique constituée par les ovins et les caprins, les mêmes auteurs trouvent que l'infection est plus concentrée dans les régions montagneuses que dans le nouveau monde (les montagnes du nord américain) ou dans les anciens continents (Alpes, Atlas, Caucase, Himalaya, et Altai). Sa plus grande présence est enregistrée dans l'Eurasie, berceau de la domestication du mouton (Moyen Orient et le Nord de l'Inde). La présence de *Marshallagia marshalli* correspond donc en partie à l'origine des petits ruminants, elle s'est étendue géographiquement suite à la dissémination des moutons et des chèvres mais son existence est limitée par les facteurs climatiques à cause des exigences particulières de ce parasite et son comportement vis-à-vis des indicateurs météorologiques comme la température et la précipitation vu que ce parasite, contrairement aux reste des nématodes gastro-intestinaux, présente une affinité pour les régions à faible précipitation (Meradi et al, 2011) (Figure 3).

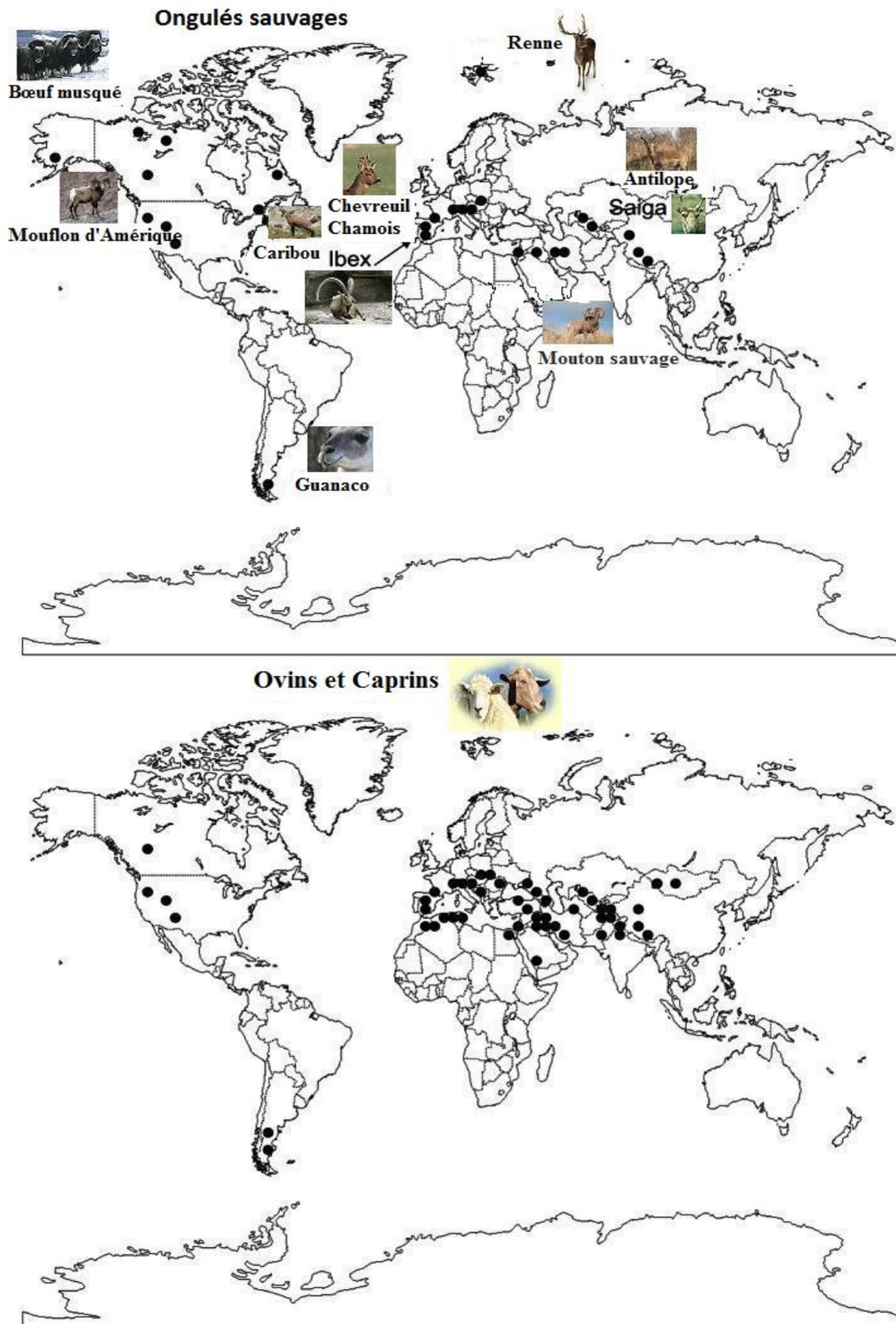


Figure 3 : Distribution géographique de *Marshallagia marshalli* chez les ongulés sauvages et domestiques (Meradi et al, 2011).

II. Qu'est ce que l'écologie des maladies parasitaires ?

1. Epidémiologie et écologie des maladies gastro-intestinales chez les ruminants

1.1. Epidémiologie et parasitisme

L'épidémiologie est l'étude des facteurs influençant la santé et les maladies de populations. Il s'agit d'une discipline qui se rapporte à la répartition, à la fréquence et à la gravité des états pathologiques.

La notion plus ou moins moderne de l'épidémiologie des helminthoses a débuté vers la fin des années quarante avec les études de Gordon en Australie (1948-1949). Ce dernier a écrit dans ses travaux : « L'épidémiologie est couramment associée dans nos pensée à l'occurrence de la maladie, mais dans les affections parasitaires, où la limite entre la charge parasitaire dangereuse ou non n'est pas définie et où les manifestations pathologiques sont généralement subcliniques et insidieuses, il est préférable de penser à l'épidémiologie en terme de dynamique des populations parasitaires » (Armour, 1980).

L'épidémiologie n'est donc que la science qui étudie ces infections au sein des populations animales ainsi que les caractéristiques des facteurs qui leur sont associés (facteurs de risque) et les facteurs liés à leur contrôle (Combs et al, 1991).

L'épidémiologie des nématodoses gastro-intestinales en question est reliée à un ensemble de facteurs à commencer par la biologie de l'hôte-parasite, les conditions agro-climatiques et les méthodes d'élevage selon les particularités géographiques des différentes régions du monde, sans oublier les facteurs de gestion des élevages et les différentes espèces animales présentes associés ou non à la présence de réservoir parasite sauvage. Le tout possède un impact majeur sur l'équilibre des nématodes gastro-intestinaux présents chez un hôte défini. La sévérité de ces pathologies dépend des espèces parasitaires présentes dans le tractus digestif, du statut immunologique de l'hôte et des facteurs environnementaux comme le climat qui est de loin la variable épidémiologique la plus importante influençant les helminthoses gastro-intestinales (Tariq, 2014), il est en effet considéré comme la clé de la distribution des nématodes chez les petits ruminants (O'Connor et al, 2006).

1.2. Ecologie et parasitisme

L'écologie est définie comme l'étude des interactions entre organismes et environnements et entre les organismes habitant ces environnements (Sobecka, 2012). C'est d'abord l'exploration, dans toute leur diversité, des interactions durables en abordant les conditions d'hôte et de parasite, la formation des communautés et de leur évolution dans le temps, la détermination et l'analyse des facteurs qui modulent la transmission d'un parasite au sein d'un « système : Parasite-Hôte », tant dans sa composante temporelle que spatiale (Combes, 1995).

L'écologie d'une population parasitaire ne peut en effet être considérée uniquement comme le produit d'une « résidence » au sein d'un animal hôte, mais plutôt la résultante de l'ensemble de ces interactions avec le milieu extérieur comprenant tous les stades de développement de l'espèce parasitaire dont le climat est le régisseur ; mais aussi la conséquence d'événements physiologiques tels que l'hypobiose ou le periparturient rise qui affectent à leur tour le statut immunitaire de l'hôte en se répercutant sur son écologie. D'un autre côté, la gestion des élevages et l'utilisation des traitements antiparasitaires avec tout ce qu'elle engendre sur le plan des chimiorésistances modulant extérieurement l'écologie parasitaire (Soulsby, 1985).

1.2.1. Termes écologiques en parasitologie

Avec les progrès réalisés dans le domaine de l'écologie, les termes relatifs à la parasitologie ont été adoptés mais utilisés avec une certaine anarchie. Il a fallu attendre l'étude de Margolis et al en 1982 qui ont publié un ensemble de définitions concernant le « lexique » écologique utilisé en parasitologie qui a été approuvé par un comité ad hoc de « The American Society of Parasitologists ». Il sera ensuite revisité et enrichi par Bush et al en 1997.

Les définitions des principaux termes d'écologie utilisés en épidémiologie descriptive des populations parasitaires sont :

Population: individus d'une même espèce.

Peuplement ou communautés: individus d'espèces différentes.

Prévalence : exprime le pourcentage, d'hôtes infectés par une espèce parasitaire par rapport au nombre d'hôtes examinés. Statistiquement, le terme renvoie à la présence

ou non du parasite chez l'hôte sans l'énumérer et renvoie au nombre d'animaux infestés divisé par le nombre total d'animaux. C'est le nombre de cas positifs ou anciennement appelé : taux d'infestation.

Intensité : (également appelée charge parasitaire) est le nombre de parasites au sein de chaque hôte infecté.

Abondance : le nombre de parasites divisé par le nombre d'hôtes examinés qu'ils soient infectés ou non.

Diversité : (également appelée richesse) concept qui décrit la composition d'une communauté parasitaire en terme de nombre d'espèces présentes, il est pratiquement mesuré grâce à un index de diversité.

Fréquence : (d'une espèce donnée) est le nombre de parasite mâles de l'espèce recensée divisé par le nombre de parasites mâles de toutes les espèces retrouvées. Le terme de fréquence prête un peu à confusion avec prévalence. Il est souvent dit **proportion** ou fréquence de l'espèce dans la communauté.

1.3. Biologie des stades parasites

Chez les ruminants, et plus particulièrement les ovins et les caprins qui sont infestés par différentes espèces de nématodes gastro-intestinaux, le cycle parasitaire avec sa phase libre dans le milieu extérieur, est fortement influencé par de nombreux facteurs comprenant les variations climatiques et environnementales (Traldi, 2006).

Ces conditions environnementales incluent les facteurs météorologiques comme la température, l'humidité, la pression atmosphérique, l'ensoleillement, le vent et les nuages mais aussi l'effet des prédateurs tels que les oiseaux, les insectes et les champignons. Toutes ces conditions sont hautement variables et conditionnent les variabilités saisonnières et annuelles de ces pathologies (Stromberg, 1997).

Communément, on admet que dans le cycle d'un nématode, il y a deux différents environnements, l'animal hôte et le milieu extérieur. Levine en 1980, dénombre quand à lui 5 environnements différents conditionnant le cycle parasitaire en rapport avec la biologie des différents stades parasites depuis l'émission des œufs dans les fèces jusqu'à leur ingestion par l'hôte définitif :

- a) L'œuf de strongles est émis dans les fèces où il fait l'objet de l'action de ces facteurs environnementaux et il est protégé par sa membrane. Il est d'abord influencé par la température et l'humidité. Les ultraviolets ne peuvent pas l'atteindre sauf s'ils sont sur ou près de la partie exposée des fèces. La membrane externe diminue les déperditions hydriques mais ne les prévient pas entièrement (Levine, 1980). Le développement embryonnaire est rapide et la larve de 1^{er} stade rhabditoïde apparaît 36 à 48 heures après.
- b) Les larves de 1^{er} de 2^{ème} stade larvaire (L1 et L2) sont rhabditoïdes et peu mobiles. Elles vivent dans les fèces et se nourrissent de micro-organismes. Elles sont plus vulnérables et moins résistantes que le stade précédent.
- c) La larve infestante de 3^{ème} stade (L3) est strongyloïde, protégée par ses gaines, elle ne se nourrit pas, elle survit grâce à ses réserves. Elle quitte les fèces et rampe jusqu'à la végétation sous l'influence de divers tropismes (hygrotopisme positif, photo et géotropisme négatifs) où elle est plus en contact avec les facteurs météorologiques que les stades précédents. (Levine, 1980; Rossanigo, 1992).
- d) A l'ingestion, la L3 se dégaine et mue en L4.
- e) La L4 mue en L5 puis atteint après maturation sexuelle le stade adulte et se loge dans la lumière de la caillette ou de l'intestin (Pandey, 1974; Callinan, 1978; Armour, 1980; Callinan et Westcott, 1985; Morand et al, 2015).

III. Quel effet a le climat sur les parasites gastro-intestinaux ?

Dans tout cela, le **climat** est considéré comme l'agent essentiel des modulations qualitatives et quantitatives des stades libres (Levine et Andersen, 1973 rapporté par Rossanigo, 1992) aussi bien directement par l'action de 2 facteurs clés : la température et l'humidité (Barger, 1987; Stromberg, 1997; Manfredi, 2006; O'Connor et al, 2006) qu'indirectement (végétation et sol) et fait ainsi ressortir la relation entre le climat et la dynamique des nématodes des ruminants et par conséquent, le risque saisonnier de ces infestations parasitaires (Thomas, 1982).

L'intervention de ces facteurs environnementaux sur le cycle biologique des strongles gastro-intestinaux peut être schématisée comme dans la figure 4.

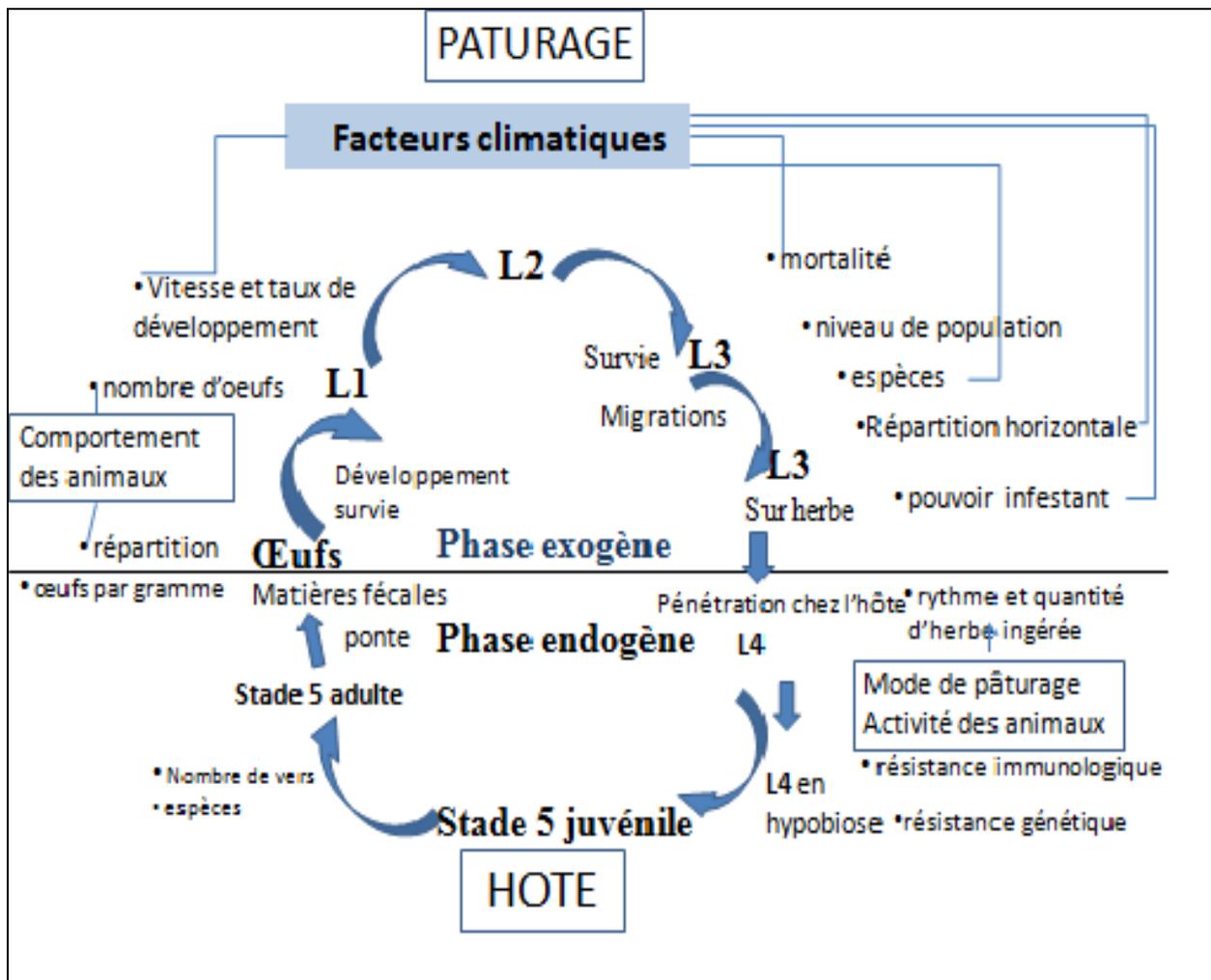


Figure 4 : Cycle de développement des strongles gastro-intestinaux et facteurs de l'environnement (Rossanigo, 1992 tiré de Gruner et Boulard, 1982)

1. Influence de l'environnement sur les stades parasitaires libres

Ces étapes peuvent être résumées en deux principales l'une pré-infective correspondant au développement de l'œuf en larve infestante et la deuxième étape correspond à la survie et à la migration des larves infestantes (O'Connor et al, 2006).

Ayant fait le sujet de nombreuses études (Levine, 1980; Thomas, 1982; Rossanigo, 1992; O'Connor et al, 2006), cette influence du climat peut être détaillée comme suit:

2. Développement de l'œuf jusqu'au stade de larve infestante

L'éclosion des œufs et le développement larvaire sont conditionnés en premier lieu par la température et l'humidité (Pandey, 1974; Armour, 1980; Stromberg, 1997; O'Connor et al, 2006).

La température conditionne le taux de développement mais aussi la vitesse d'apparition des premières L3. Si le développement ne peut se faire à des températures supérieures à 35-40 °C, les températures minimales varient selon l'espèce, et au sein d'une même espèce selon l'origine géographique de la souche (écotype). De nombreux travaux ont ainsi été conduits pour déterminer les seuils et les températures optimales conditionnant les taux d'éclosion et de développement. Toutes ces étapes de production et de transmission larvaire sont réunies sous l'appellation anglo-saxonne de « Translation » correspondant à la transformation des œufs émis dans les fèces en larves disponibles sur les pâturages incluant la survie, le développement, la dissémination et la disponibilité des stades parasitaires libres (Rose et al, 2014). Certaines espèces se démarquent par rapport aux autres quant à leur tolérance aux basses températures comme *Teladorsagia circumcincta* qui paraît être la plus adaptée au froid. *Haemonchus contortus* par contre est plus tolérant à la chaleur et l'est moins au froid (O'Connor et al, 2006), cependant ce sont les oscillations dans les températures qui constituent le plus de risque pour le développement des œufs et la survie des larves (Leathwick, 2013).

O'Connor et al en 2006, ont montré un ordre décroissant des températures de développement pour les trois nématodes gastro-intestinaux majeurs des ovins (*Teladorsagia circumcincta*, *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus*

colubriformis) en se basant sur le seuil et sur les conditions optimales de leur développement (figure 5).

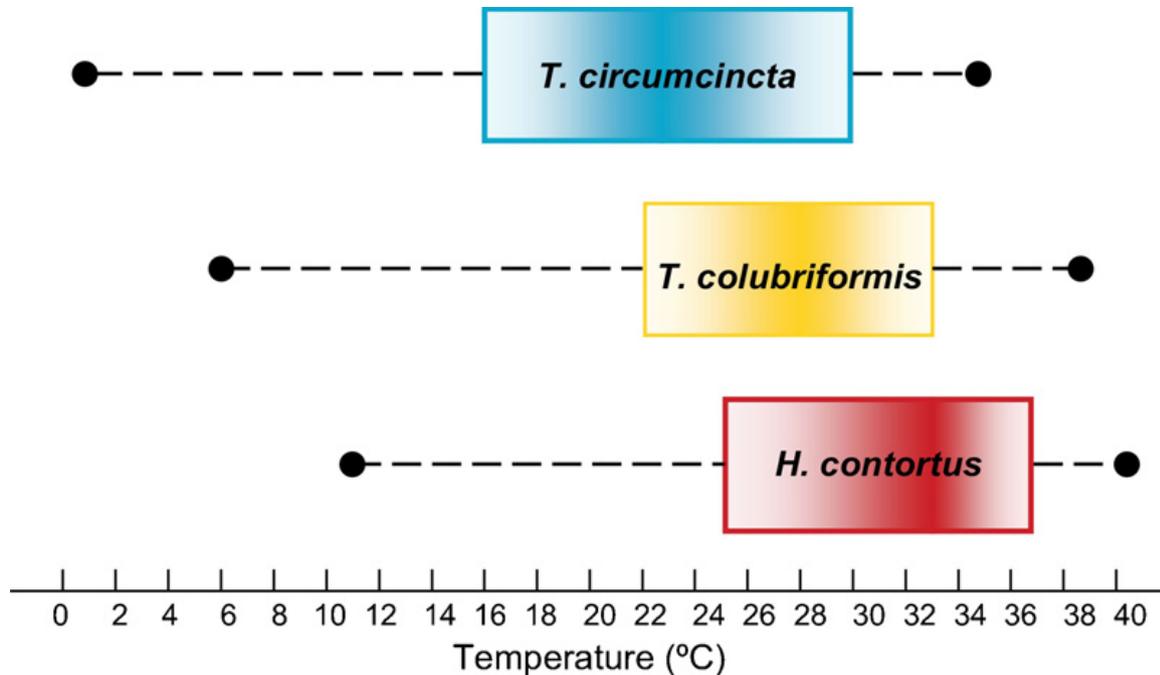


Figure 5 : Variations de température de développement des espèces majeures de Trichostrongylidae du stade œuf jusqu'à la larve infestante (L3) (O'Connor et al, 2006)

(La température optimal est indiqué par le rectangle coloré : la plus grande intensité de couleur correspond à la température optimale, les lignes en pointillé (—) s'étendent entre les limites inférieures et supérieures de développement (sources: Levine, 1963; Crofton, 1965; Waller and Donald, 1970; Barger et al., 1972; Hsu and Levine, 1977; Jasmer et al., 1986; Rossanigo and Gruner, 1995)

Pour l'humidité, l'influence est plus complexe à cause du nombre d'interactions qui conditionnent les exigences hydriques des différentes espèces de nématodes et des variations des taux d'humidités dans l'environnement par rapport à la nature même des matières fécales et au nombre de variables climatiques incriminées (température, vent, évaporation...) (Rossanigo, 1992; O'Connor et al, 2006).

Rossanigo en 1992 observe une humidité optimale pour le maximum de développement (exigence optimale) comprise entre 57 et 67% selon les espèces. Valeur correspondant à la teneur en eau des fèces lors de leur émission par les ovins au pâturage. Ainsi, l'excès et le déficit en eau sont responsables de mortalités.

La résistance à la dessiccation est une faculté étroitement liée au même contexte. Certaines espèces sont connues pour ce faible pouvoir comme *Haemonchus contortus*, le rendant dominant dans les contrées à été humide (O'Connor et al, 2006).

3. Migration et survie des larves infestantes

3.1. Facteurs influençant la migration des L3

La distribution des L3 sur le sol et l'herbe est la résultante d'une combinaison de variables, dont la température et l'humidité sont les plus importantes (Callinan et Westcott, 1986).

3.2. Survie de la larve infestante

La survie de la larve infestante dans les pâturages est la clé pour la connaissance des différents taux d'infestation par les nématodes (Levine, 1980). Sa capacité à mieux survivre que les autres stades pré-infestants n'est pas encore élucidée mais le rôle de ses gaines protectrices est sûrement mis en cause ainsi que son habilité migratoire vers des microclimats plus favorables (O'Connor et al, 2006).

Parmi les facteurs climatiques, la température est la plus déterminante, plus elle est élevée, plus les L3 sont actives et vivent moins longtemps. Par contre, à de basses températures (4° à 6°C), la consommation des réserves est lente et le temps de survie est plus long (Rossanigo, 1992).

C'est ainsi que les climats froids et secs prolongent la survie des larves infestantes (jusqu'à un an ou plus pour certaines espèces (Fiel et al, 2012) alors que les climats chauds et humides l'écourtent (quelques semaines en climat tempéré) (Barger, 1999). Carlsson et al (2013) ont par exemple démontré que les L3 de *Marshallagia marshalli* chez les caribous en Arctique, pouvaient survivre 80 jours à une température de 5°C.

La durée de vie des L3 est aussi fortement liée à la disponibilité en eau. L'augmentation de l'humidité ambiante par exemple, prolonge la survie de certaines espèces. Les L3 immergées peuvent survivent longtemps, ceci dépend de l'espèce parasitaire, de la profondeur et de la température de l'eau et de la présence de lumière. Ainsi, dans les conditions expérimentales, les L3 d'*Ostertagia ostertagi* vivent jusqu'à 100-200 jours dans de l'eau distillée à 15°C (Smith et Grenfell, 1985).

Deuxième partie
Etude expérimentale

Chapitre I.

Situations temporelle et spatiale de Marshallagia marshalli dans l'Est algérien

Chapitre I. Situations temporelle et spatiale de *Marshallagia marshalli* dans l'Est algérien

I. Introduction

Les infestations parasitaires du tractus digestif des petits ruminants constituent une véritable menace pour l'élevage à travers le monde et sont responsables d'importantes pertes économiques (Cabaret et al, 1986) engendrées aussi bien par la baisse des performances zootechniques des animaux que par le coût faramineux des produits déployés dans les traitements antiparasitaires (Jacquiet et al, 2009). En Algérie, le parasitisme digestif des ovins a été décrit dans l'est algérien (Bentounsi et al, 2001) et dans les régions steppiques du pays (Boukabout et Moulay, 2006; Bentounsi et al, 2007; Saidi et al, 2009; Triki- Yamani et Bachir Bacha, 2010 et Bentounsi et al, 2012) rapportant la prévalence des helminthes digestifs durant des périodes données de l'année. Parmi les espèces recensées dans certaines de ces investigations (Boukabout et Moulay, 2006, Bentounsi et al, 2007, Bentounsi et al, 2012), *Marshallagia marshalli* est fréquemment cité avec des prévalences très variables. La distribution de ce parasite emblématique des régions steppiques a été analysée dans une large étude multirégionale mondiale (Meradi et al, 2011) où sa relation négative avec la pluviométrie a bien été démontrée à la différence des autres Trichostrongylidés.

A l'échelle nationale, les connaissances concernant sa présence parmi les strongles gastriques et sa distribution restent insuffisantes justifiant ainsi une investigation large et approfondie qui apporterait les enseignements épidémiologiques nécessaires pour une meilleure gestion du parasitisme en Algérie. De même, l'influence des conditions climatiques locales sur les assemblages de la communauté des trichostrongles gastriques est étudiée.

2. Matériel et méthodes

2.1. Prélèvements

Ce travail a été réalisé entre 2008 et 2011 dans les abattoirs de douze sites depuis le nord-est et jusqu'au sud-est algérien.

Les prélèvements ont concerné 335 caillettes de jeunes ovins recueillies au niveau des abattoirs de ces sites et analysées au rythme de 5 à 6 caillettes par mois sur toute l'année.

L'extraction des vers adultes a été effectuée par le raclage de la muqueuse de la caillette, dans la demi-heure au maximum qui suit l'abattage. La mise en évidence des différentes espèces de nématodes a été faite par examen à la loupe des parties aliquotes (1/3) des produits de raclage et de rinçage après sédimentation. Lorsque le nombre de vers dans la partie aliquote était faible ou nul, le dénombrement se faisait sur la totalité. Les parasites récoltés ont été conservés dans une solution formolée à 8% et identifiés au microscopique sur la base de leur extrémité postérieure selon la clé de Skrjabin et al (1954).

2.2. Cadre de l'étude

2.2.1. Caractéristiques climatiques des sites de l'étude

2.2.1.1. Aperçu sur les zones bioclimatiques caractérisant l'Est algérien

Tous les bioclimats méditerranéens sont représentés en Algérie, depuis le per-humide au nord jusqu'à l'aride au sud, et depuis le froid jusqu'au chaud pour les variantes thermiques (Djellouli, 1990).

Les domaines bioclimatiques de notre région d'étude sont définis par le calcul du quotient pluviothermique d'Emberger qui combine les précipitations et les températures afin de caractériser le rythme climatique régissant le climat de l'Est algérien. Ce quotient définit cinq grands types de bioclimats méditerranéens (Côte, 1998) (Figure 6) :

- Le domaine humide: défini par une pluviométrie supérieure à 900 mm et une forte humidité de l'air. Il est caractéristique de la région littorale et il est particulièrement ressenti dans toute la région de Jijel, l'Est de Béjaia, le Sud-Est de Skikda et le Nord-Est de Annaba. Une poche est localisée à l'intérieur au niveau de la région de Souk Ahras épousant les monts de la Medjerda.
- Le domaine subhumide: défini par une pluviométrie supérieure à 600 mm. Il est aussi caractéristique de la région littorale où il partage sa dominance avec le domaine humide bien qu'il soit plus développé que ce dernier.

- Le domaine semi-aride: caractérisé par une pluviométrie qui fluctue entre 300 mm et 600 mm. Il est localisé au niveau des bassins intérieurs du Tell (Mila, Ferdjioua) et est représenté par une poche au niveau de la région de Guelma. Il est nettement développé dans les hautes plaines qui le prolongent vers le Sud.
- Le domaine subaride: caractérisé par une pluviométrie inférieure à 350 mm. Il est représenté par une bande au Sud du piémont de l'Aurès et Nememcha et qui s'élargit au niveau de la région de M'sila. Cette bande ne comprend pas le Hodna.
- Le domaine aride: caractérisé par une pluviométrie inférieure à 150 mm, il fait place au pied des massifs de l'Atlas (Farah, 2013).

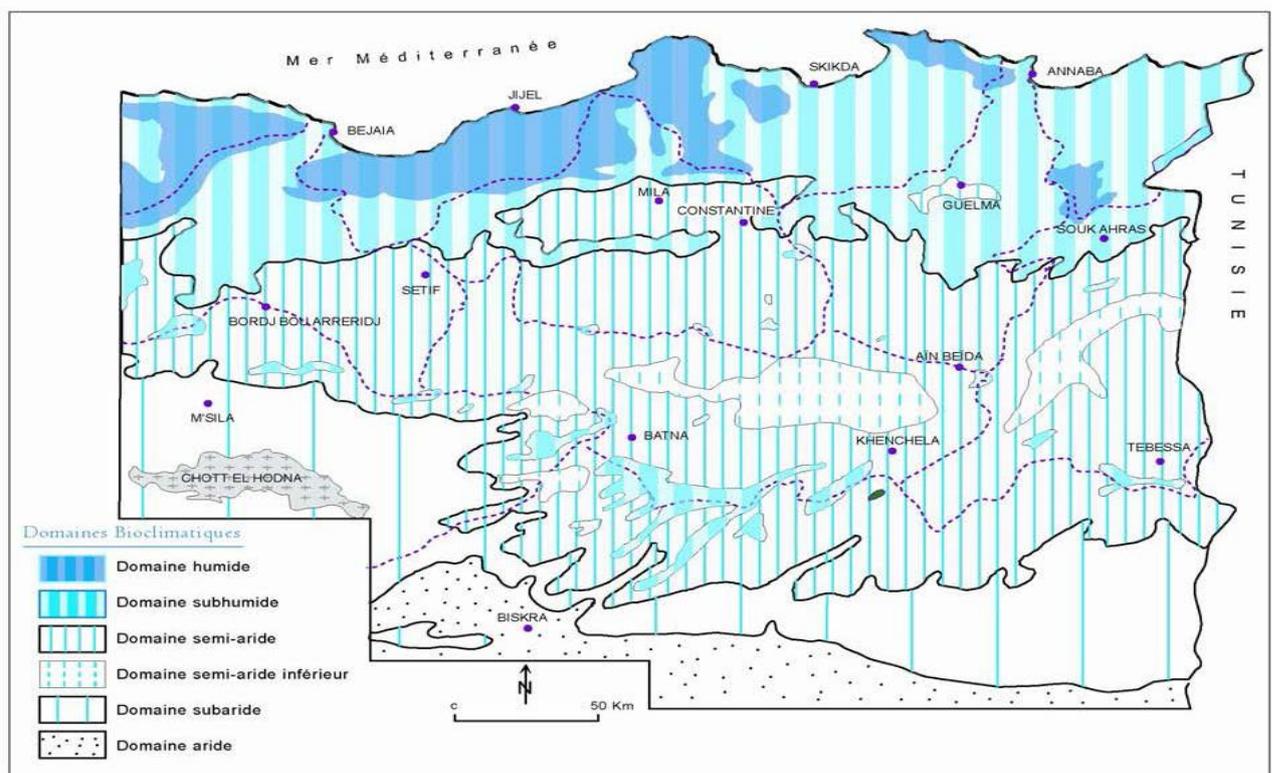


Figure 6 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'est algérien (Côte, 1998 in Bazri, 2015)

2.2.1. 2. Les sites de l'étude

Ce travail a ciblé 12 sites géographiques localisés à l'est algérien s'étalant du nord au sud et représentant 4 étages bioclimatiques différents (de l'humide jusqu'à l'aride) (Tableau 2 et Figure 7).

Tableau 2 : Caractéristiques climatiques des sites de l'étude

Sites	Etage Bioclimatique (Côte, 1998)	Précipitations annuelles moyennes (P) (mm)	Température annuelle moyenne T (° C)	Index bioclimatique d'Emberger (selon Köppen)
El Ancer	Humide	918	18.4	199
Annaba	Subhumide	712	18.4	177
Azzaba	Subhumide	715	17.8	143
Ferdjioua	Subhumide	673	15.0	136
Grarem	Subhumide	785	17.0	158
Soukahras	Subhumide	735	14.5	143
El Eulma	Semi-aride	482	13.5	101
Sétif	Semi-aride	473	13.2	85
Mila	Semi-aride	742	16.2	147
Constantine	Semi-aride	630	15.5	120
Hassi Messaoud	Aride	40	22.4	6
Biskra	Aride	141	21.8	32

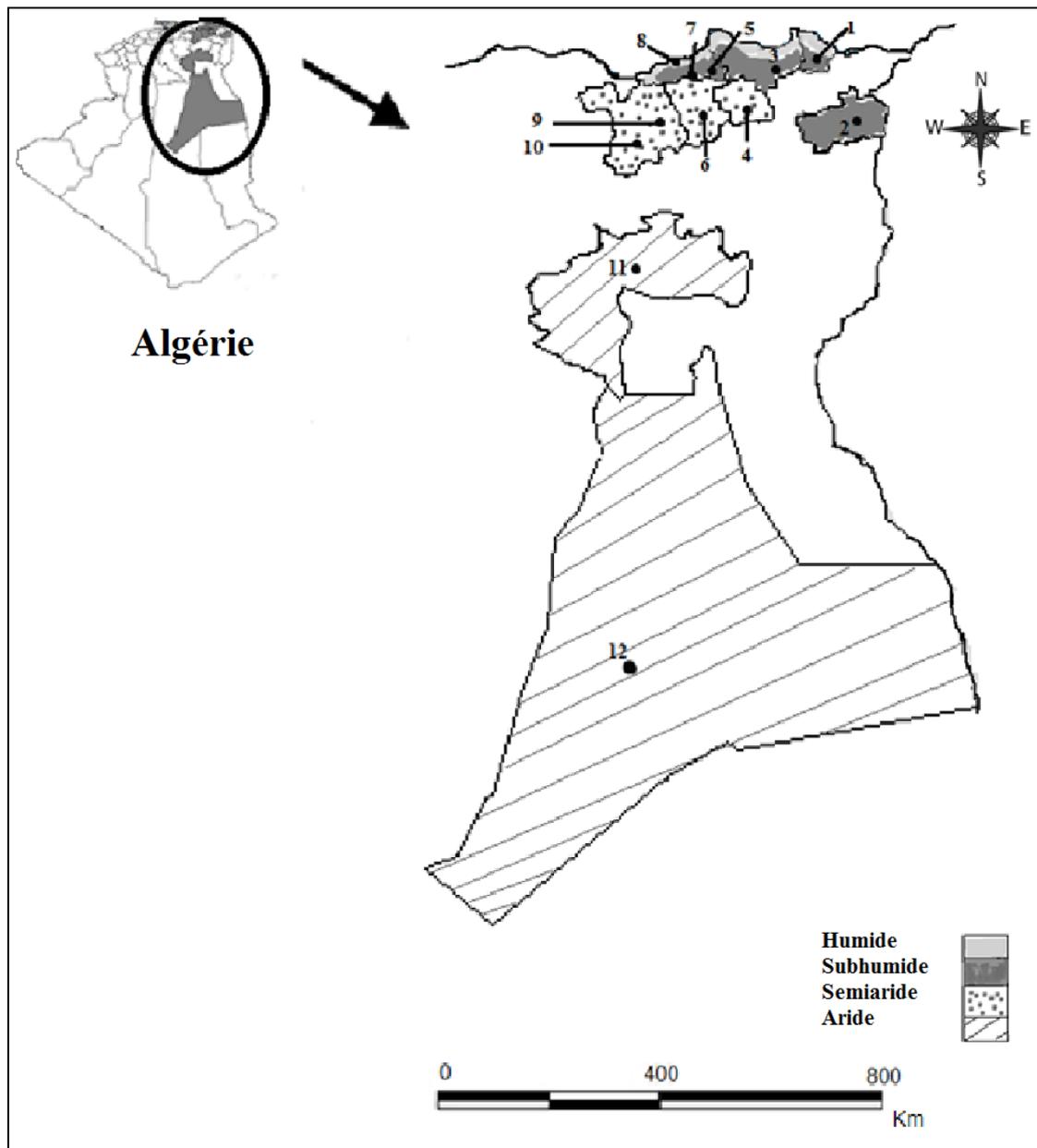


Figure 7 : Carte simplifiée des différents sites bioclimatiques de l'étude

(1) Annaba, (2) Soukahras, (3) Azzaba, (4) Constantine, (5) Grarem, (6) Mila, (7) Ferdjioua, (8) El Ancer, (9) El Eulma, (10) Sétif, (11) Biskra, (12) Hassimessaoud

2.2.1.2.1. El Ancer

A El Ancer le climat est de type humide (Boudjedjou, 2010). La température moyenne annuelle est de 18,4 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 918 mm. Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 4 mm et décembre le plus pluvieux avec une moyenne de 162 mm. Aout est le mois le plus chaud de l'année avec 26,9 °C de température et janvier le plus froid avec une température moyenne de 11,1 °C. Entre le plus sec et le plus humide des

mois, l'amplitude des précipitations est de 158 mm. Et entre la température la plus basse et la plus élevée de l'année, la différence est de 15,8 °C (Figure 8 et Tableau 3).

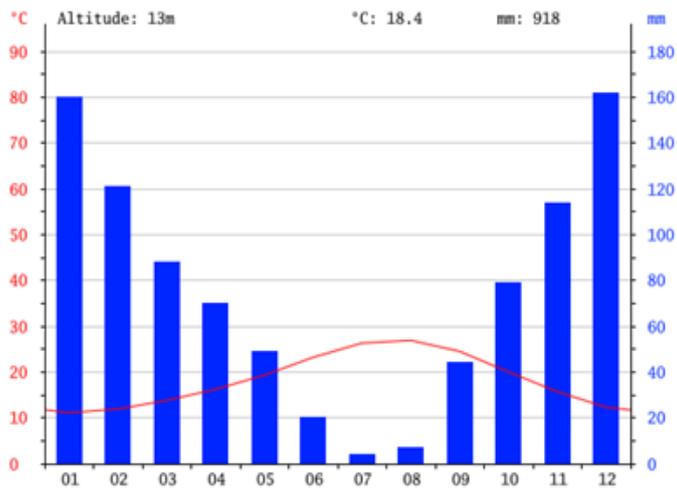


Figure 8 : Diagramme climatique de la région d'El Ancer (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 3 : Table climatique de la région d'El Ancer

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	160	121	88	70	49	20	4	7	44	79	114	162
°C	11.1	11.9	13.8	16.2	19.3	23.2	26.3	26.9	24.5	20.0	15.7	12.3
°C (min)	7.9	8.4	9.8	11.8	14.9	19.0	21.8	22.5	20.3	16.0	12.2	9.0
°C (max)	14.4	15.5	17.9	20.7	23.7	27.4	30.8	31.3	28.8	24.1	19.3	15.6

2.2.1.2.2. Annaba

Selon le climatogramme d'Emberger, la région d'Annaba est classée dans l'étage bioclimatique subhumide (Allout, 2013). La température moyenne annuelle est de 18,4 °C. Il tombe en moyenne 712 mm de pluie par an. Des précipitations moyennes de 3 mm font de juillet le mois le plus sec. Les précipitations record sont enregistrées en janvier avec 122 mm en moyenne. Aout est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 25,7 °C. Janvier est le mois le plus froid de l'année avec 11,9 °C de température. Une différence de

119 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. Sur l'année, la température varie de 13,8 °C (figure 9 et tableau 4).

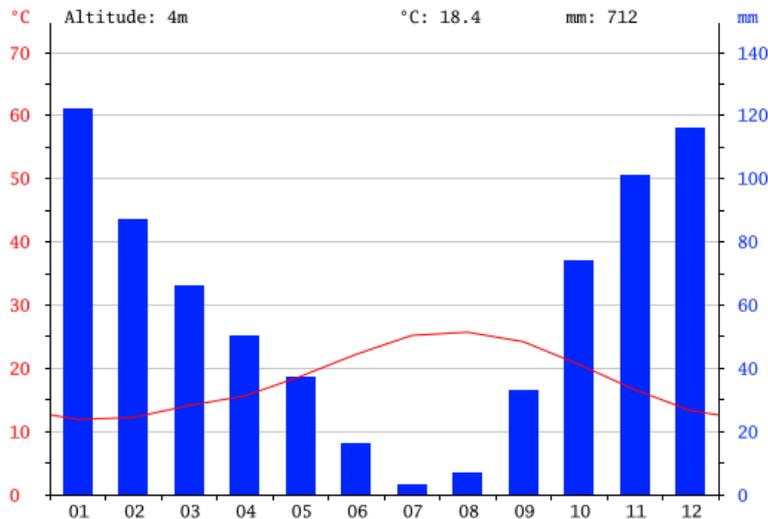


Figure 9 : Diagramme climatique de la région d'Annaba (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 4 : Table climatique de la région d'Annaba

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	122	87	66	50	37	16	3	7	33	74	101	116
°C	11.9	12.2	14.1	15.6	18.7	22.2	25.2	25.7	24.2	20.6	16.6	13.3
°C (min)	8.2	8.3	9.6	10.9	14.1	17.7	20.6	21.2	20.0	16.2	12.4	9.4
°C (max)	15.6	16.2	18.6	20.4	23.3	26.8	29.8	30.3	28.4	25.0	20.8	17.2

2.2.1.2.3. Azzaba

La région d'Azzaba appartient au climat subhumide selon la classification d'Emberger (Belouaham, 2012). La moyenne des précipitations annuelles atteint les 715 mm. La température est de 17,8 °C. Juillet est le mois le plus sec de l'année avec 4 mm de pluie en moyenne. Les précipitations record de 126 mm en moyenne sont enregistrées en janvier. Avec

une température moyenne de 26,8 °C, août est le mois le plus chaud de l'année et janvier le plus froid avec une température moyenne de 9,6 °C. La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 122 mm. Une variation 17,2 °C est enregistrée sur l'ensemble de l'année (Figure 10 et Tableau 5).

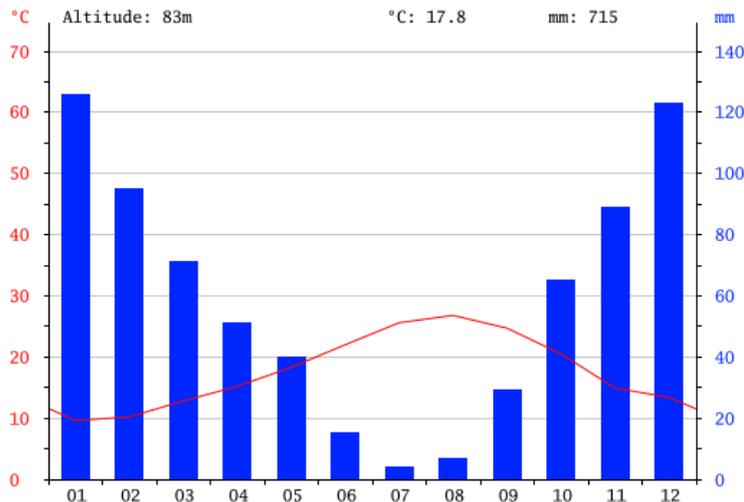


Figure 10: Diagramme climatique de la région d'Azzaba (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 5: Table climatique de la région d'Azzaba

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	126	95	71	51	40	15	4	7	29	65	89	123
°C	9.6	10.2	12.8	15.2	18.3	22.0	25.6	26.8	24.7	20.5	14.9	13.4
°C (min)	5.6	6.0	8.0	10.2	13.3	16.8	20.1	21.6	20.1	15.9	10.9	9.6
°C (max)	13.7	14.5	17.6	20.2	23.3	27.2	31.1	32.1	29.4	25.1	19.0	17.2

2.2.1.2.4. Ferdjioua

À Ferdjioua, le climat est de type subhumide (Soukehal, 2011). La température moyenne est de 17,4 °C et les précipitations annuelles moyennes sont de 769 mm. Juillet est le mois le plus sec avec 5 mm de précipitations. En janvier, les précipitations sont les plus importantes de

l'année avec une moyenne de 133 mm. Aout est le mois le plus chaud de l'année avec 26,4 °C de température et janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 9,4 °C. Entre le plus sec et le plus humide des mois, l'amplitude des précipitations est de 128 mm. Une différence de 17,0 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année (Figure 11 et Tableau 6).

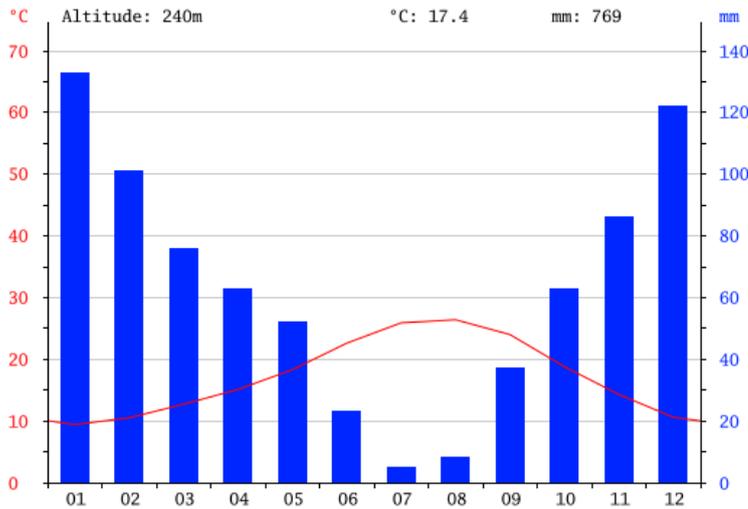


Figure 11 : Diagramme climatique de la région de Ferdjioua (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 6 : Table climatique de la région de Ferdjioua

mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	133	101	76	63	52	23	5	8	37	63	86	122
°C	9.4	10.5	12.7	15.1	18.3	22.6	25.9	26.4	24.0	18.8	14.3	10.6
°C (min)	5.8	6.5	8.2	10.1	13.2	17.5	20.3	21.0	19.0	14.2	10.2	6.9
°C (max)	13.1	14.5	17.2	20.2	23.5	27.7	31.6	31.9	29.0	23.5	18.4	14.4

2.2.1.2.5. Grarem

A Grarem Gouga, le climat est de type subhumide (Soukehal, 2011). La température moyenne est de 17,0 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 785 mm. Juillet est le

mois le plus sec avec 5 mm de pluies. Les précipitations record sont enregistrées en janvier avec 136 mm en moyenne. Aout est le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 26,2 °C et le mois le plus froid de l'année est janvier avec une température moyenne de 9.1 °C. Les précipitations varient de 131 mm entre le plus sec et le plus humide des mois. La température moyenne au court de l'année varie de 17,1 °C (Figure 12 et Tableau 7).

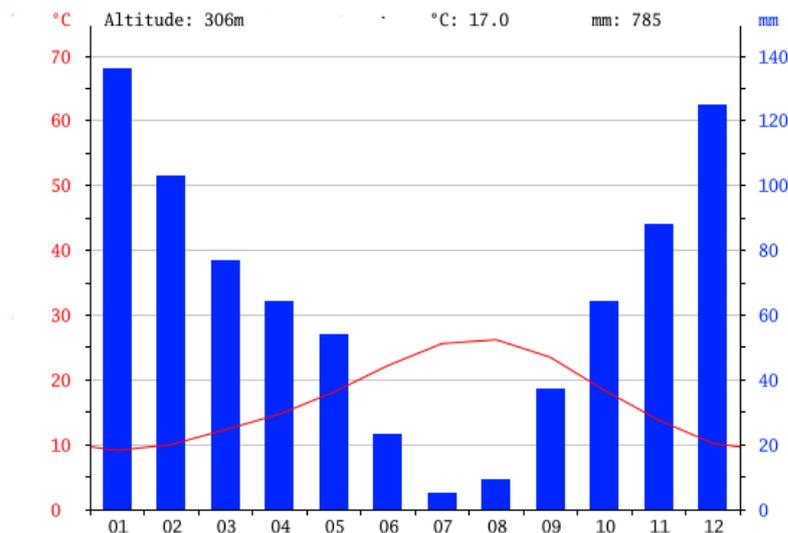


Figure 12 : Diagramme climatique de la région de Grarem (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 7 : Table climatique de la région de Grarem

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	136	103	77	64	54	23	5	9	37	64	88	125
°C	9.1	10.0	12.3	14.7	18.1	22.2	25.6	26.2	23.5	18.4	13.8	10.2
°C (min)	5.4	6.0	7.7	9.6	12.9	17.0	19.8	20.6	18.4	13.7	9.7	6.5
°C (max)	12.8	14.1	16.9	19.8	23.3	27.4	31.4	31.8	28.7	23.2	18.0	14.0

2.2.1.2.6. Soukahras

Le climatogramme d'Emberger classe la région de Soukahras en climat subhumide (Saighi, 2013). La température annuelle moyenne est de 14,5 °C et la précipitation moyenne est de 735 mm. Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 7 mm. En janvier, les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 108 mm. Aout est le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 23,9 °C et Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 6,1 °C. Les précipitations varient de 101 mm entre le plus sec et le plus humide des mois. Une variation de 17,8 °C sépare la maxima de la minima (Figure 13 et Tableau 8).

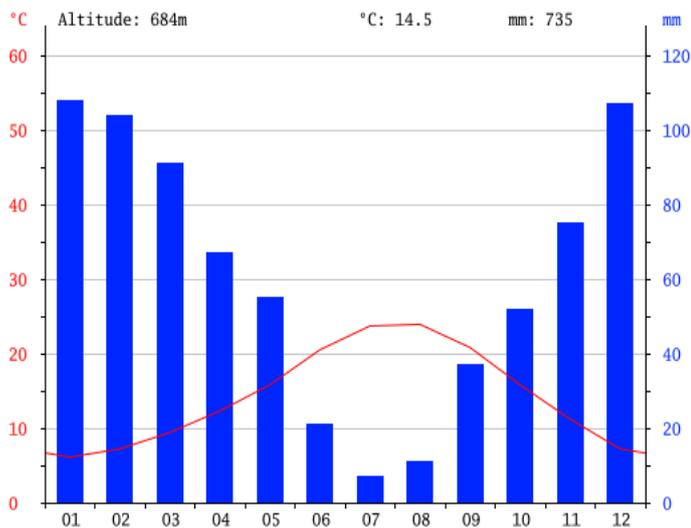


Figure 13 : Diagramme climatique de la région de Soukahras (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 8 : Table climatique de la région de Soukahras

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	108	104	91	67	55	21	7	11	37	52	75	107
°C	6.1	7.2	9.4	12.3	15.8	20.5	23.7	23.9	20.8	15.8	11.2	7.2
°C (min)	1.4	2.2	3.5	5.9	9.1	12.7	15.2	15.8	13.9	10.0	6.2	2.6
°C (max)	10.9	12.2	15.3	18.8	22.6	28.3	32.3	32.1	27.8	21.7	16.2	11.9

2.2.1.2.7. El Eulma

El Eulma appartient à l'étage bioclimatique semi-aride (Côte, 1998). La température moyenne sur toute l'année est de 18,3 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 678 mm. Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 3 mm et décembre le plus humide avec une moyenne de 117 mm. Aout est le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 26,5 °C et janvier le plus froid avec 11,0 °C. Une différence de 114 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. Sur l'année, la température varie de 15,5 °C (Figure 14 et Tableau 9).

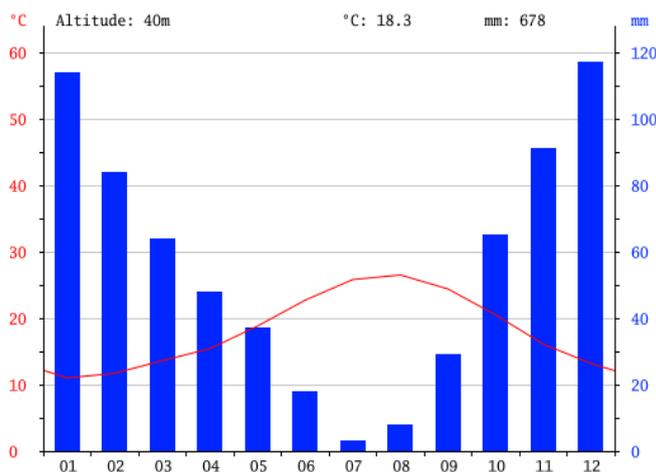


Figure 14 : Diagramme climatique de la région d'El Eulma (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 9 : Table climatique de la région d'El Eulma

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	114	84	64	48	37	18	3	8	29	65	91	117
°C	11.0	11.7	13.6	15.4	18.8	22.7	25.8	26.5	24.4	20.5	16.1	13.2
°C (min)	6.7	7.2	8.6	10.2	13.4	17.0	19.9	20.9	19.5	15.6	11.7	9.1
°C (max)	15.4	16.2	18.7	20.7	24.2	28.4	31.7	32.1	29.3	25.5	20.5	17.4

2.2.1.2.8. Sétif

Sétif appartient à l'étage bioclimatique semi-aride (Côte, 1998). La température moyenne annuelle est de 13,2 °C et la moyenne des précipitations annuelles atteint les 473 mm. Les précipitations les plus faibles sont enregistrées en juillet avec 9 mm seulement. Les précipitations record sont enregistrées en janvier avec 57 mm en moyenne. Juillet est le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 23,9 °C. Le mois le plus froid de l'année est celui de janvier avec une température de 4,4 °C. La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 48 mm. Sur l'année, la température varie de 19,5 °C (Figure 15 et Tableau 10).

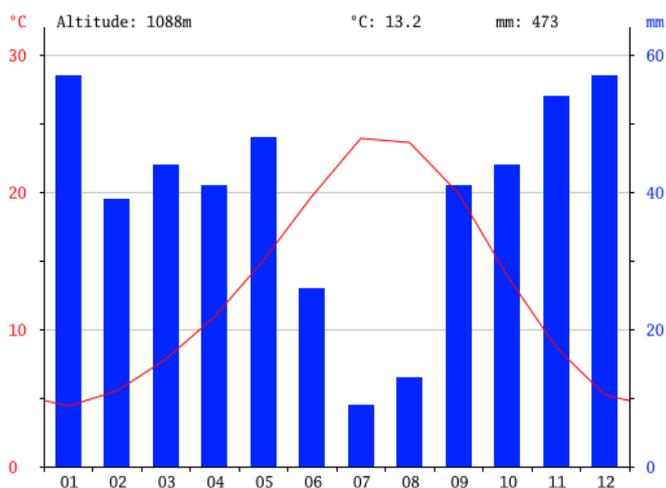


Figure 15 : Diagramme climatique de la région de Sétif (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 10 : Table climatique de la région de Sétif

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	57	39	44	41	48	26	9	13	41	44	54	57
°C	4.4	5.5	7.8	10.9	15.0	19.7	23.9	23.6	19.9	13.9	8.7	5.2
°C (min)	0.3	0.7	2.7	4.9	8.7	12.7	16.1	16.2	13.5	8.4	4.1	0.9
°C (max)	8.6	10.3	13.0	17.0	21.3	26.7	31.7	31.1	26.3	19.5	13.3	9.5

2.2.1.2.9. Mila

La région de Mila appartient au climat semi-aride (Côte, 1998). La température moyenne est de 16.2 °C. La moyenne des précipitations annuelles atteint les 742 mm. Les précipitations moyennes les plus faibles sont enregistrées en juillet avec 5 mm seulement. Janvier, avec une moyenne de 126 mm, affiche les précipitations les plus importantes. Aout est le mois le plus chaud de l'année avec 25,5 °C de température et janvier plus froid avec 8,1 °C. Entre le plus sec et le plus humide des mois, l'amplitude des précipitations est de 121 mm sur l'année et la température varie de 17,4 °C (Figure 16 et Tableau 11).

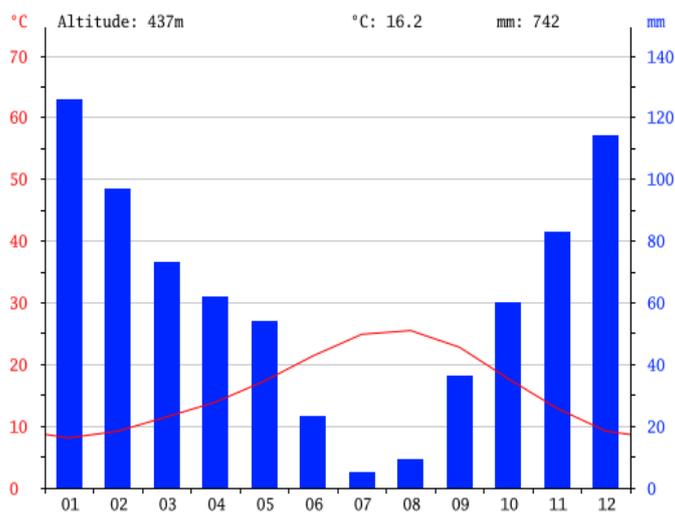


Figure 16 : Diagramme climatique de la région de Mila (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 11: Table climatique de la région de Mila

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	126	97	73	62	54	23	5	9	36	60	83	114
°C	8.1	9.2	11.5	13.9	17.3	21.4	24.9	25.5	22.8	17.7	12.9	9.2
°C (min)	4.4	5.1	6.9	8.7	11.9	16.0	18.8	19.6	17.4	12.8	8.7	5.4
°C (max)	11.9	13.4	16.1	19.2	22.7	26.9	31.1	31.5	28.3	22.6	17.2	13.1

2.2.1.2.10. Constantine

Constantine appartient à l'étage bioclimatique semi-aride (Côte, 1998). Sur l'année, la température moyenne est de 15,5 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 630 mm. Les précipitations moyennes les plus faibles sont enregistrées en juillet avec 7 mm seulement. Janvier, avec une moyenne de 94 mm, affiche les précipitations les plus importantes. Aout est le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 25,3 °C. Janvier est le mois le plus froid de l'année avec une température moyenne de 7,1 °C. La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 87 mm. Sur l'année, la température varie de 18,2 °C (Figure 17 et Tableau 12).

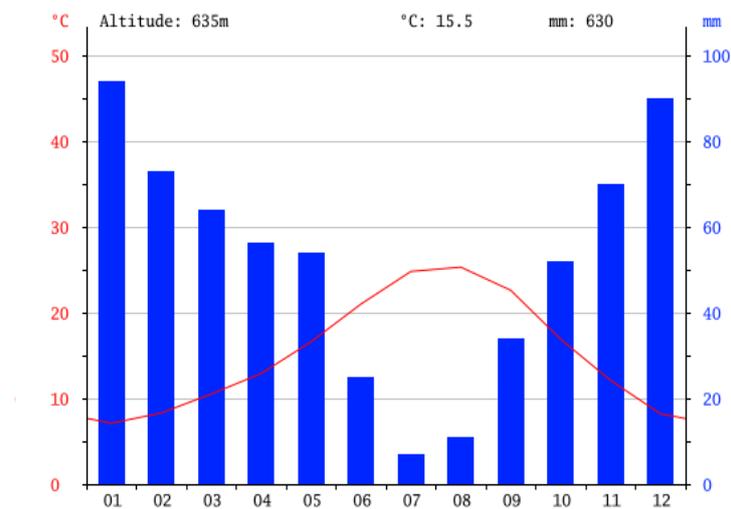


Figure 17: Diagramme climatique de la région de Constantine (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 12: Table climatique de la région de Constantine

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	94	73	64	56	54	25	7	11	34	52	70	90
°C	7.1	8.3	10.5	12.9	16.6	21.0	24.8	25.3	22.6	16.9	12.1	8.2
°C (min)	3.0	3.8	5.5	7.3	10.7	14.8	17.7	18.4	16.5	11.4	7.3	4.0
°C (max)	11.2	12.9	15.5	18.6	22.6	27.2	32.0	32.3	28.8	22.5	16.9	12.4

2.2.1.2.11. Hassi Messaoud

Hassi Messaoud est doté d'un climat aride (Côte, 1998), la pluie est pratiquement inexistante. En moyenne, la température est de 22,4 °C. La précipitation moyenne annuelle est de 40 mm. Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 0 mm. En mars, les précipitations sont les plus importantes avec une moyenne de 8 mm. Aout est le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 34,3 °C et Janvier le mois le plus froid avec une température moyenne de 10,5 °C. Les précipitations varient de 8 mm entre le plus sec et le plus humide des mois. Une différence de 23,8 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année (Figure 18 et Tableau 13).

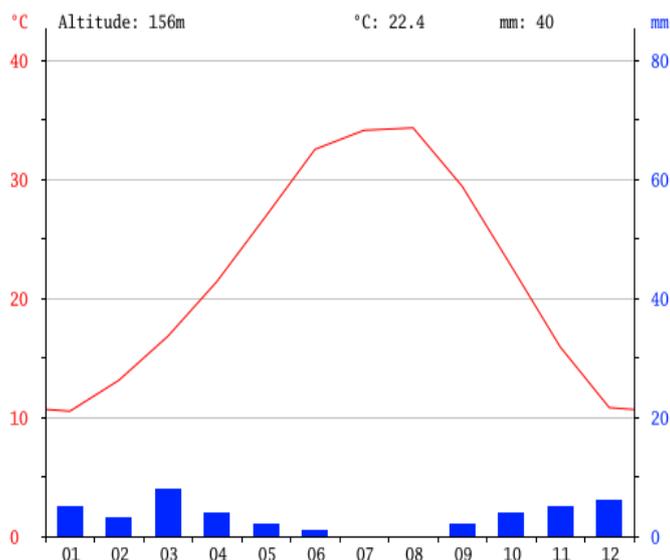


Figure 18: Diagramme climatique de la région de Hassi Messaoud (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 13: Table climatique de la région de Hassi Messaoud

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	5	3	8	4	2	1	0	0	2	4	5	6
°C	10.5	13.1	16.8	21.4	26.9	32.5	34.1	34.3	29.4	22.7	15.9	10.8
°C (min)	3.8	6.1	9.5	13.6	19.3	24.5	25.4	25.8	21.7	15.4	9.0	4.4
°C (max)	17.2	20.1	24.1	29.2	34.6	40.5	42.9	42.8	37.2	30.1	22.8	17.3

2.2.1.2.12. Biskra

Biskra a un climat aride (Côte, 1998). La température annuelle moyenne est de 21,8 °C et la précipitation moyenne est de 141 mm. Juillet est le mois le plus sec de l'année avec 2 mm de précipitation tandis que novembre est le mois le plus pluvieux avec une précipitation moyenne de 19 mm. Juillet est le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 33,6 °C et janvier le plus froid avec une température moyenne de 10,9 °C. La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 17 mm. Sur l'année, la température varie de 22,7 °C (climate-data.org, 2015) (Figure 19 et Tableau 14).

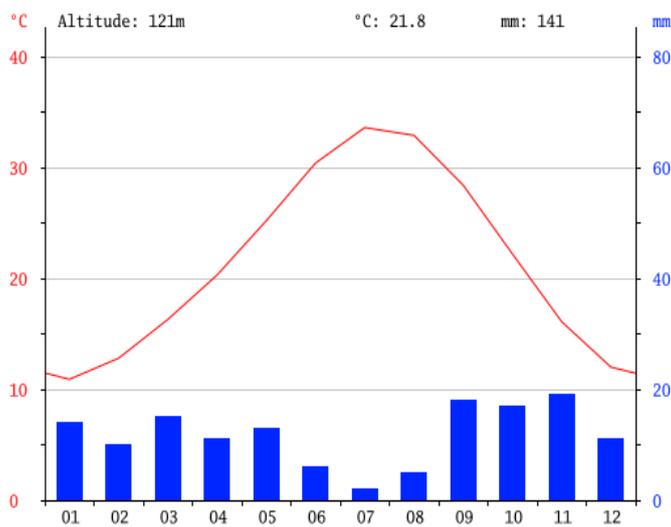


Figure 19: Diagramme climatique de la région de Biskra (source : climate data.org; données météorologiques récoltées entre 1982 et 2012)

Tableau 14: Table climatique de la région de Biskra

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	14	10	15	11	13	6	2	5	18	17	19	11
°C	10.9	12.8	16.3	20.3	25.2	30.4	33.6	32.9	28.4	22.2	16.1	12.0
°C (min)	5.8	7.6	10.2	13.8	18.2	23.7	26.6	26.4	22.5	16.4	11.0	7.0
°C (max)	16.1	18.0	22.4	26.8	32.2	37.2	40.6	39.5	34.4	28.0	21.3	17.0

2.3. Méthodes statistiques

Une analyse de la variance (ANOVA) a d'abord été appliquée à nos données pour détecter les variables les plus incriminées dans la distribution spatiale et saisonnière des différents parasites recensés. Ensuite, le Modèle Linéaire Général (GLM) a été appliqué permettant de combiner librement des facteurs quantitatifs et catégoriels. Les variables quantitatives (covariables) ont été remplacées par la moyenne ajustée des variables nominales (catégoriques). La corrélation de Spearman a également été calculée entre l'abondance ou la proportion des espèces parasites et les données climatiques vu que les données ne suivaient pas une distribution gaussienne. Les régressions progressives ont été réalisées avec le logiciel IBM SPSS 19 (2010) et les regroupements hiérarchiques ont été construits avec la méthode centroïde (Legendre et Legendre, 1998) avec les corrélations de Spearman comme mesure de similarité ; elles ont été réalisées avec le logiciel MVSP (2001).

3. Résultats

3.1. Faune et charges parasitaires

La faune parasitaire totale gastrique identifiée est constituée des 7 espèces suivantes: *Teladorsagia circumcincta*, *Ostertagia ostertagi*, *Marshallagia marshalli*, *Marshallagia occidentalis*, *Trichostrongylus axei*, *Trichostrongylus vitrinus* et *Haemonchus* sp.

La charge parasitaire moyenne a été de 170 parasites variant entre 19 et 316 vers selon les domaines climatiques (Tableau 15 et Annexe 1).

Tableau 15 : Nombre de vers, proportions et prévalences des nématodes de la caillette chez les ovins, dans 12 abattoirs localisés dans différents sites bioclimatiques de l'est algérien

Domaines bioclimatiques	Humide	Subhumide	Semi-aride	Aride	Moyenne
Nombre moyen de vers	19	316	308	37	170
Espèces parasitaires	Proportion (Prévalence) %				
<i>Teladorsagia circumcincta</i>	32(36)	39(81)	34(90)	47(54)	37(65)
<i>Marshallagia marshalli</i>	27(28)	15(60)	57(85)	48(59)	37(58)
<i>Marshallagia occidentallis</i>	0(0)	1(50)	2(68)	4(54)	2(43)
<i>Ostertagia ostertagi</i>	9(28)	1(55)	1(43)	1(16)	3(35)
<i>Haemonchus sp.</i>	16(70)	2(65)	1(40)	0(0)	5(44)
<i>Trichostrongylus sp.</i>	16(28)	42(56)	5 (57)	0(0)	16(35)

3.2. Fréquences et prévalences parasitaires

3.2.1. Dans l'ensemble des domaines bioclimatiques

Trois parasites dominent l'infestation : *Teladorsagia circumcincta* (37%), *Marshallagia marshalli* (37%) et *Trichostrongylus sp.* (16%). Les autres parasites ont été faiblement fréquents dans la caillette. *Teladorsagia circumcincta* (65%) et *Marshallagia marshalli* (58%) sont les plus prévalents, le reste étant moyennement présents (Figure 20).

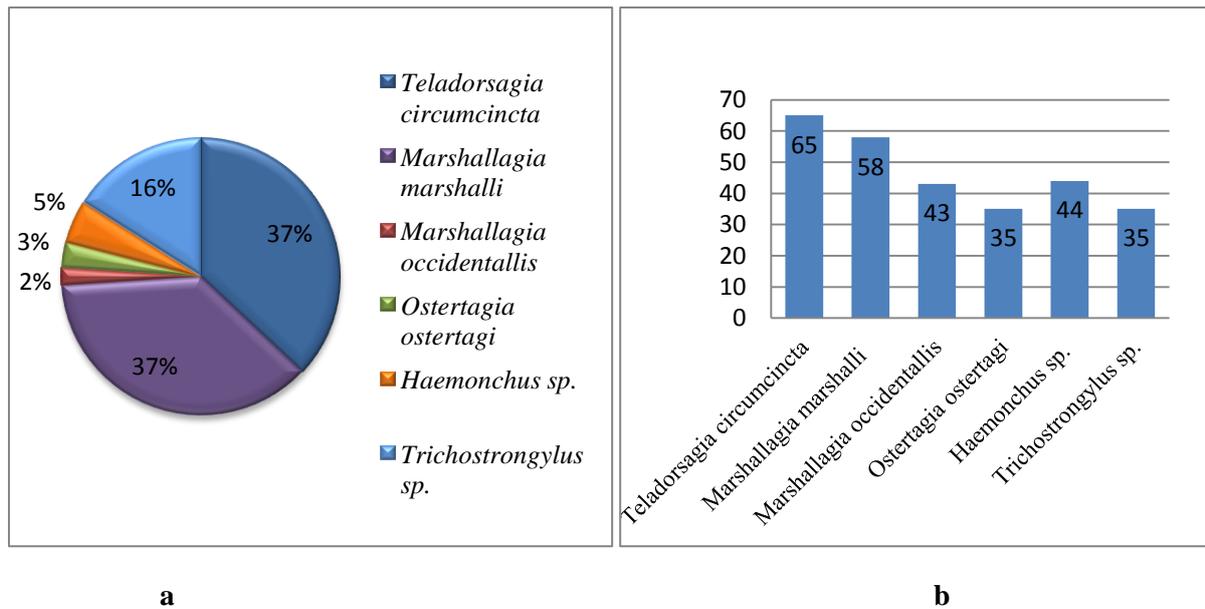


Figure 20 : Proportions (a) et prévalences (b) des nématodes de la caillette chez les ovins, dans 12 abattoirs localisés dans différents sites bioclimatiques de l'est algérien

La charge parasitaire est moyenne pour les trois espèces les plus prévalentes et faible pour le reste des espèces. Les fréquences sont partagés entre *Marshallagia marshalli* et *Teladorsagia circumcincta* dans les domaines semi-aride et aride et entre ces deux dernières et *Trichostrongylus sp.* dans le domaine subhumide (figure 21).

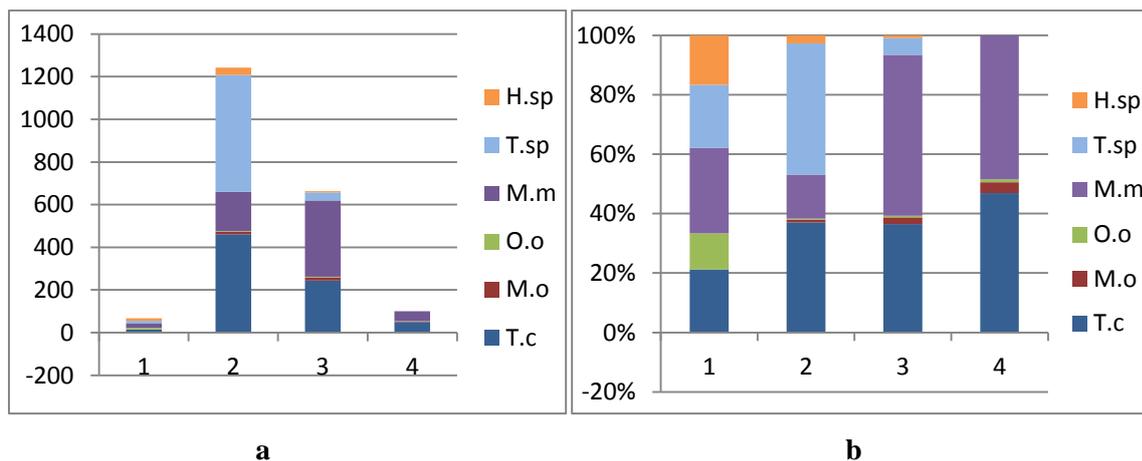


Figure 21 : Nombre de vers (a) et proportions (b) des nématodes de la caillette chez les ovins, dans 12 abattoirs localisés dans 4 domaines bioclimatiques de l'est algérien

1: humide, 2: subhumide, 3: semi-aride, 4: aride. H.sp: *Haemonchus sp.*, T.sp: *Trichostrongylus sp.*, M.m: *Marshallagia marshalli*, O.o: *Ostertagia ostertagi*, M.o: *Marshallagia occidentalis*, T.c: *Teladorsagia circumcincta*.

3.2.2. Dans le domaine bioclimatique humide

Marshallagia occidentalis est absent dans ce domaine. *Teladorsagia circumcincta* avec 32% de proportions et *Marshallagia marshalli* avec 31% sont les deux parasites les plus importants. *Haemonchus sp.* (43%) et *Teladorsagia circumcincta* (36%) constituent les 2 espèces les plus prévalentes (figure 22).

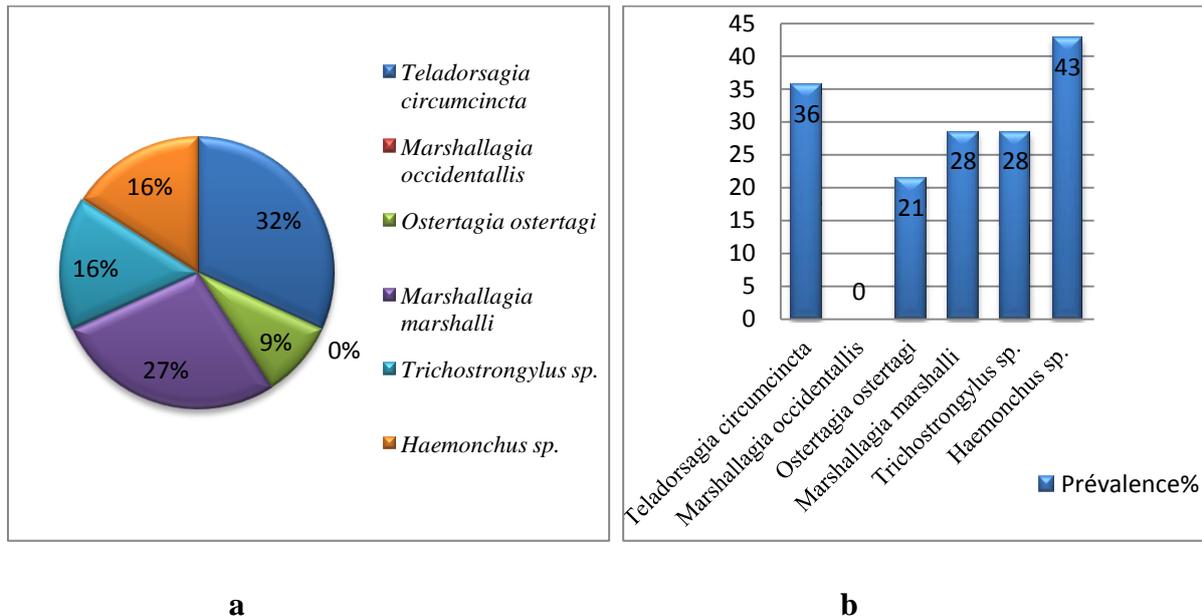


Figure 22: Proportions (a) et prévalences (b) des nématodes de la caillette chez les ovins, dans les sites (abattoirs) localisés dans le domaine humide de l'est algérien

3.2.3. Dans le domaine bioclimatique subhumide

Trichostrongylus sp. (42%) et *Teladorsagia circumcincta* (39%) se distinguent par les plus grandes proportions. *Teladorsagia circumcincta* est le plus prévalent (81%) suivie de *Marshallagia marshalli* (60%) (Figure 23).

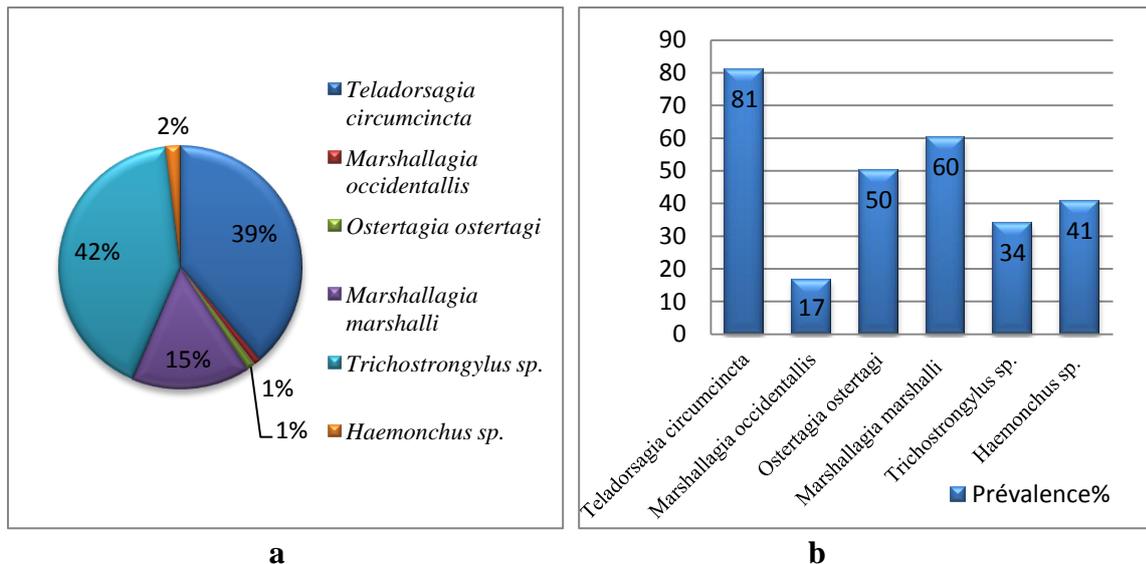


Figure 23 : Proportions (a) et prévalences (b) des nématodes de la caillette chez les ovins, dans les sites (abattoirs) localisés dans le domaine subhumide de l'est algérien

3.2.4. Dans le domaine bioclimatique semi-aride

Une dominance nette est relevée pour *Marshallagia marshalli* et *Teladorsagia circumcincta* dans ce domaine aussi bien pour leurs proportions dans l'infestation (57% et 34% respectivement) que pour la prévalence (85% et 90%) (Figure 24).

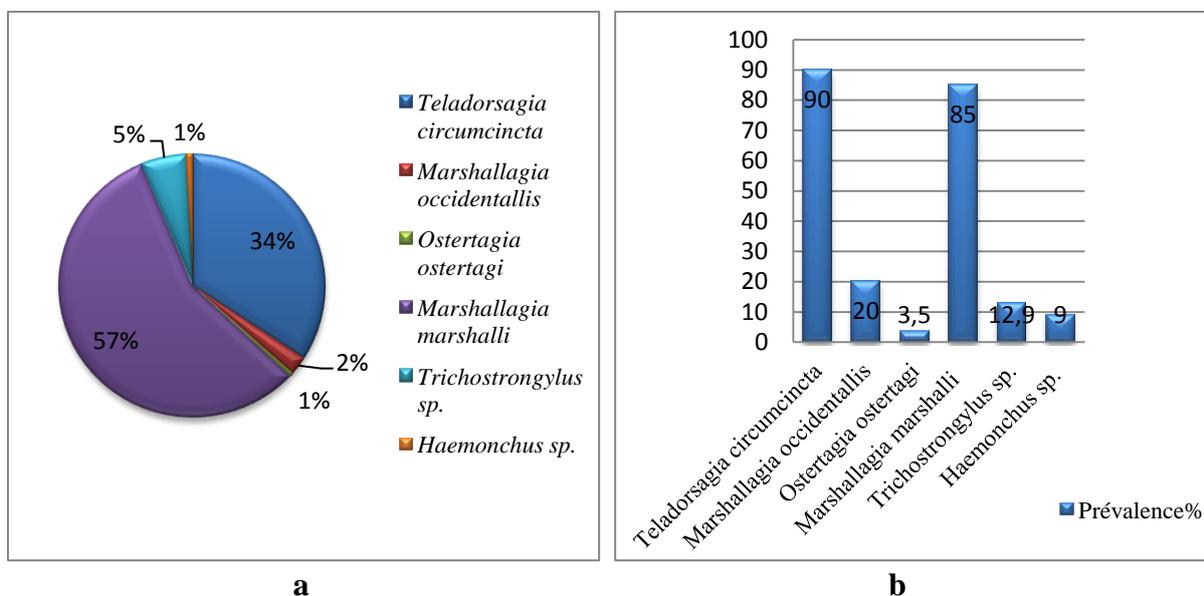


Figure 24 : Proportions (a) et prévalences (b) des nématodes de la caillette chez les ovins, dans les sites (abattoirs) localisés dans le domaine semi-aride de l'est algérien

3.2.5. Dans le domaine bioclimatique aride

Trichostrongylus sp. et *Haemonchus sp.* sont absents du domaine. *Marshallagia marshalli* et *Teladorsagia circumcincta* se partagent la dominance (48% et 47%) et la prévalence à la fois (54% et 59%) (Figure 25).

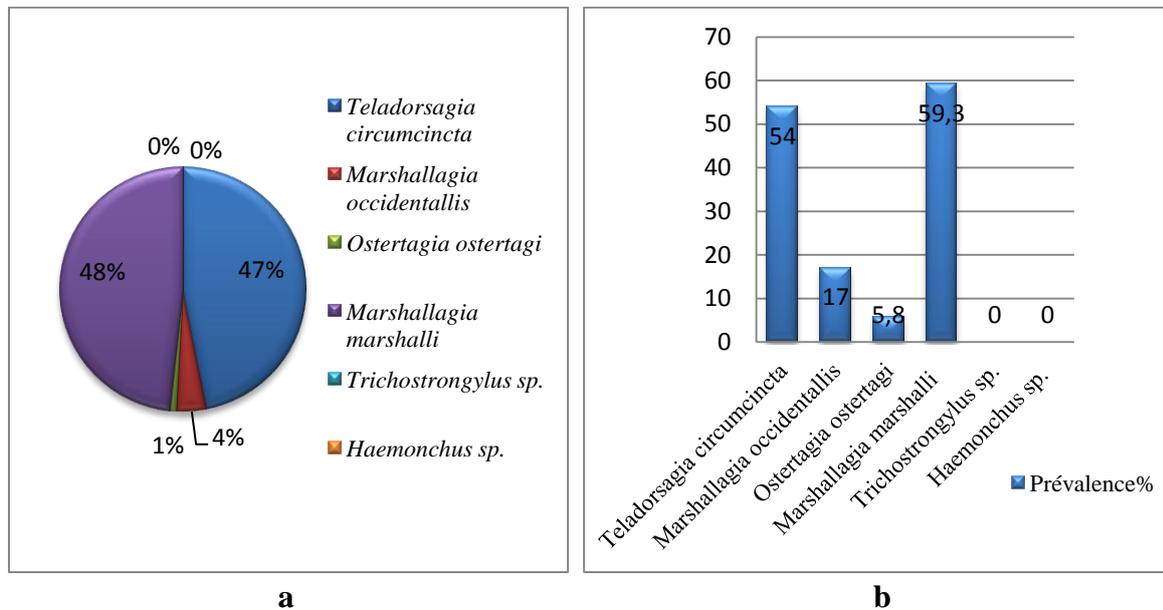


Figure 25 : Proportions (a) et prévalences (b) des nématodes de la caillette chez les ovins, dans les sites (abattoirs) localisés dans le domaine aride de l'est algérien

3.3. Effets des facteurs écologiques sur la répartition des parasites de la caillette des ovins dans l'est algérien

La normalité des données a d'abord été testée par le test de Shapiro-Wilk avant d'appliquer une analyse de la variance (ANOVA) pour tester l'effet de 3 facteurs (le domaine, le site et le mois) sur la répartition aussi bien de *Marshallagia marshalli* que des autres espèces parasitaires de la caillette. Des analyses de régressions linéaires ont été tentées dans le but de vérifier la nature des corrélations existant entre les variables citées et les parasites.

Pour tester les effets combinés des facteurs dont dépendent les variations, le Modèle Linéaire Général (GLM) a été utilisé. Il permet de combiner librement des facteurs quantitatifs et catégoriels (les deux facteurs site et mois ont été combinés ensemble). Les variables quantitatives (covariables) ont été remplacées par la moyenne ajustée des variables nominales (catégorielles). La répartition de *Marshallagia marshalli* a été étudiée à part dans le but d'analyser ses particularités par rapport au reste des Trichostrongylidae de la caillette.

En dernier, La corrélation de Spearman a également été calculée entre l'abondance des espèces parasitaires et les données climatiques à fin d'aboutir aux variables climatiques les plus incriminés ou qui ont le plus de poids sur la répartition de *Marshallagia marshalli* et du reste des parasites de la caillette.

Le test de Shapiro-Wilk (W) été utilisé pour tester la normalité. Si la statistique W est significative, il faut alors rejeter l'hypothèse selon laquelle la distribution correspondante est normale.

D'après le tableau 16, la p-valeur calculée est inférieure au seuil de signification alpha ($\alpha = 0,05$) pour l'ensemble des variables (T.c, M.o, O.o, M.m, T.sp, H.sp., site, domaine et mois) ainsi l'hypothèse nulle H0 (l'échantillon suit une loi normale) est rejetée et l'hypothèse alternative Ha (l'échantillon ne suit pas une loi normale) est retenue.

Etant donné que la taille des observations est égale à 335 c'est-à-dire $n > 30$, les données ont été traitées donc en tests paramétriques même si elles ne suivent pas une loi normale.

Tableau 16: Le test de Shapiro-Wilk (W) de normalité sur les différentes variables.

	W	p	α	Test
Site	0,94	0,002	0,05	$p < 0,05 \neq$ normale
Domaine	0,86	0,000001	0,05	$p < 0,05 \neq$ normale
Mois	0,89	0,00002	0,05	$p < 0,05 \neq$ normale
T.c	0,75	0,000000	0,05	$p < 0,05 \neq$ normale
M.o	0,60	0,000000	0,05	$p < 0,05 \neq$ normale
O.o	0,45	0,000000	0,05	$p < 0,05 \neq$ normale
M.m	0,62	0,000000	0,05	$p < 0,05 \neq$ normale
T.sp.	0,24	0,000000	0,05	$p < 0,05 \neq$ normale
H.sp.	0,29	0,000000	0,05	$p < 0,05 \neq$ normale

T.c: *Teladorsagia circumcincta*, M.o: *Marshallagia occidentallis*, O.o : *Ostertagia ostertagi*, M.m: *Marshallagia marshalli*, T.sp.: *Trichostrongylus sp.*, H.sp.: *Haemonchus sp.*

3.3.1. Analyse de l'effet « domaine » sur la répartition des parasites de la caillette des ovins dans l'est algérien.

L'analyse de la variance (ANOVA) a pour objectif d'étudier l'influence d'un ou plusieurs facteurs sur une variable quantitative. Les moyennes des charges parasitaires dans notre étude constituent les variables dites dépendantes et les variables : domaine, site et mois de l'étude constituent les facteurs indépendants ou influant sur la variabilité. L'ANOVA se résume à une comparaison multiple des moyennes de différents échantillons constitués par les différentes modalités des facteurs, contrairement à la MANOVA (variance multi variée), elle consiste à analyser une seule variable en fixant les autres.

L'application d'une ANOVA en considérant le « domaine » a montré que l'effet du domaine bioclimatique sur la variabilité est significatif avec 2 espèces *Teladorsagia circumcincta* ($p=0,003$) et *Marshallagia marshalli* ($p=0,04$) (tableau 17).

Tableau 17: Tests univariés en considérant le domaine

	Degré de liberté	T.c – F	T.c – p	M.m – F	M.m – p
Intercept	1	10,02	0,002	6,08	0,02
Domaine	3	5,17	0,003	2,90	0,04

Une analyse de régression linéaire en utilisant le coefficient de corrélation paramétrique (R^2) a été utilisée pour confirmer la relation entre le facteur domaine et les parasites de la caillette. Le résultat montre que *Teladorsagia circumcincta* ($R^2=0,19$ et $p=0,003$) et *Marshallagia marshalli* : ($R^2=0,11$ et $p=0,04$) sont les deux parasites les mieux reliés au domaine (tableau 18).

Tableau 18: Analyse de régression linéaire en considérant le domaine

	R	R²	-R² Adjusté	SS - Model	df - Model	MS - Model	SS - Residual	df - Residual	MS - Residual	F	P
T.c	0,43	0,19	0,15	1844296	3	614765	7969837	67	118952,8	5,17	0,003
M.o	0,23	0,05	0,013	1590	3	530	27119	67	404,8	1,30	0,28
O.o	0,17	0,03	-0,01	155	3	52	5305	67	79,2	0,65	0,58
M.m	0,34	0,11	0,07	1074254	3	358085	8386378	67	125169,8	2,86	0,04
T.sp.	0,27	0,07	0,03	4582733	3	1527578	58837547	67	878172,3	1,73	0,16
H.sp.	0,25	0,06	0,02	14408	3	4803	215806	67	3221,0	1,49	0,22

T.c : *Teladorsagia circumcincta*, M.o : *Marshallagia occidentalis*, O.o : *Ostertagia ostertagi*,
M.m : *Marshallagia marshalli*, T.sp. : *Trichostrongylus sp.*, H.sp. : *Haemonchus sp.*

La figure 26 montre que deux domaines climatiques parmi les quatre englobent les taux les plus élevés de nématodes : Le domaine subhumide est marqué par les charges les plus élevées de *Teladorsagia circumcincta*, de *Trichostrongylus sp.* et d'*Haemonchus sp.* et le domaine semi-aride est marqué par les charges maximales de *Teladorsagia circumcincta* et de *Marshallagia marshalli*.

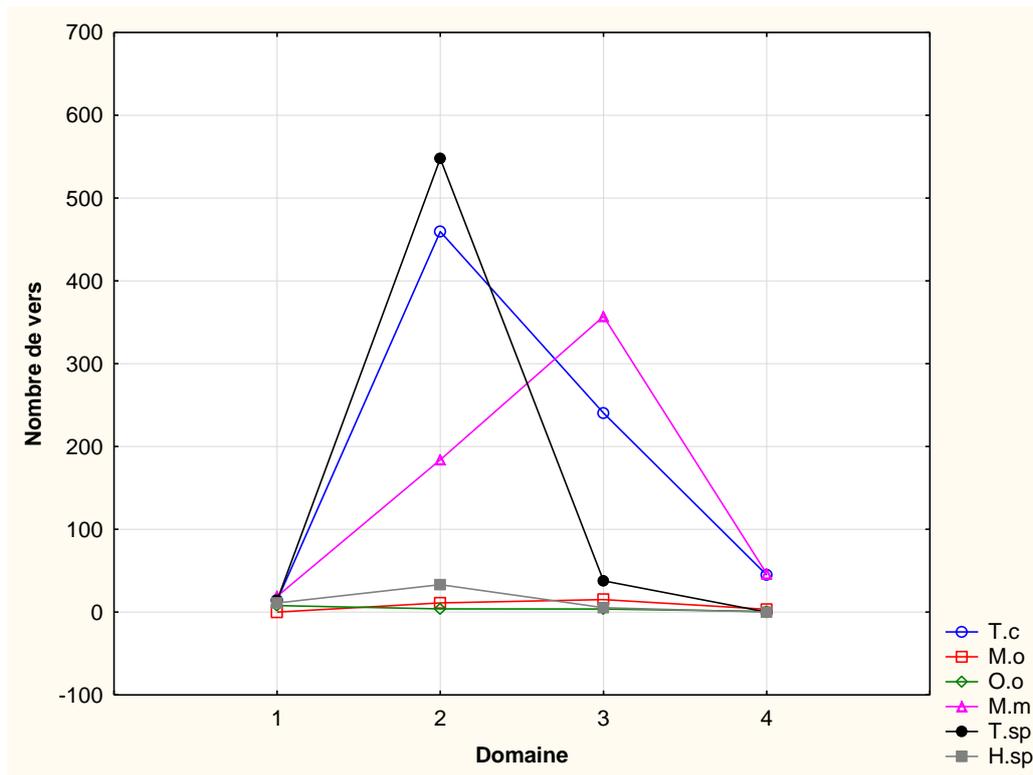


Figure 26 : Variations des charges parasitaires moyennes des nématodes de la caillette des ovins dans 4 domaines bioclimatiques de l'est algérien

T.c : *Teladorsagia circumcincta*, M.o : *Marshallagia occidentalis*, O.o : *Ostertagia ostertagi*, M.m : *Marshallagia marshalli*, T.sp. : *Trichostrongylus sp.*, H.sp. : *Haemonchus sp.* ;
 Domaines : 1 : Humide, 2 : Subhumide, 3 : Semi-aride, 4 : Aride.

3.3.2. Analyse de l'effet « site » sur la répartition des parasites de la caillette des ovins dans l'est algérien.

L'application d'une ANOVA en considérant la variable « site » montre l'effet significatif du site sur la variation des charges parasitaires moyennes (tableau 19).

Tableau n°19 : Tests multi variés de significativité avec le site

	Valeur	F	Effet - df	Erreur - df	p
Intercept	0,18	42,11	6	54,0	0,00
Site	0,015	5,38	66	294,4	0,00

Quatre parasites se distinguent parmi les autres par leurs abondances dans différents sites de l'étude : *Teladorsagia circumcincta* dans les cinq sites subhumides (Annaba, Azzaba, Grarem, Soukahras et Ferdjioua) mais aussi dans un site semi-aride (Sétif), *Trichostrongylus sp.* avec des taux plus élevés dans des sites subhumides comme à Grarem ou à Ferdjioua et Soukahras, *Haemonchus sp.* dans un site subhumide (Grarem) et enfin *Marshallagia marshalli* dans les sites semi-arides (El Eulma, Constantine, Sétif et Mila) mais aussi dans un site subhumide (Soukahras) (Figure 27).

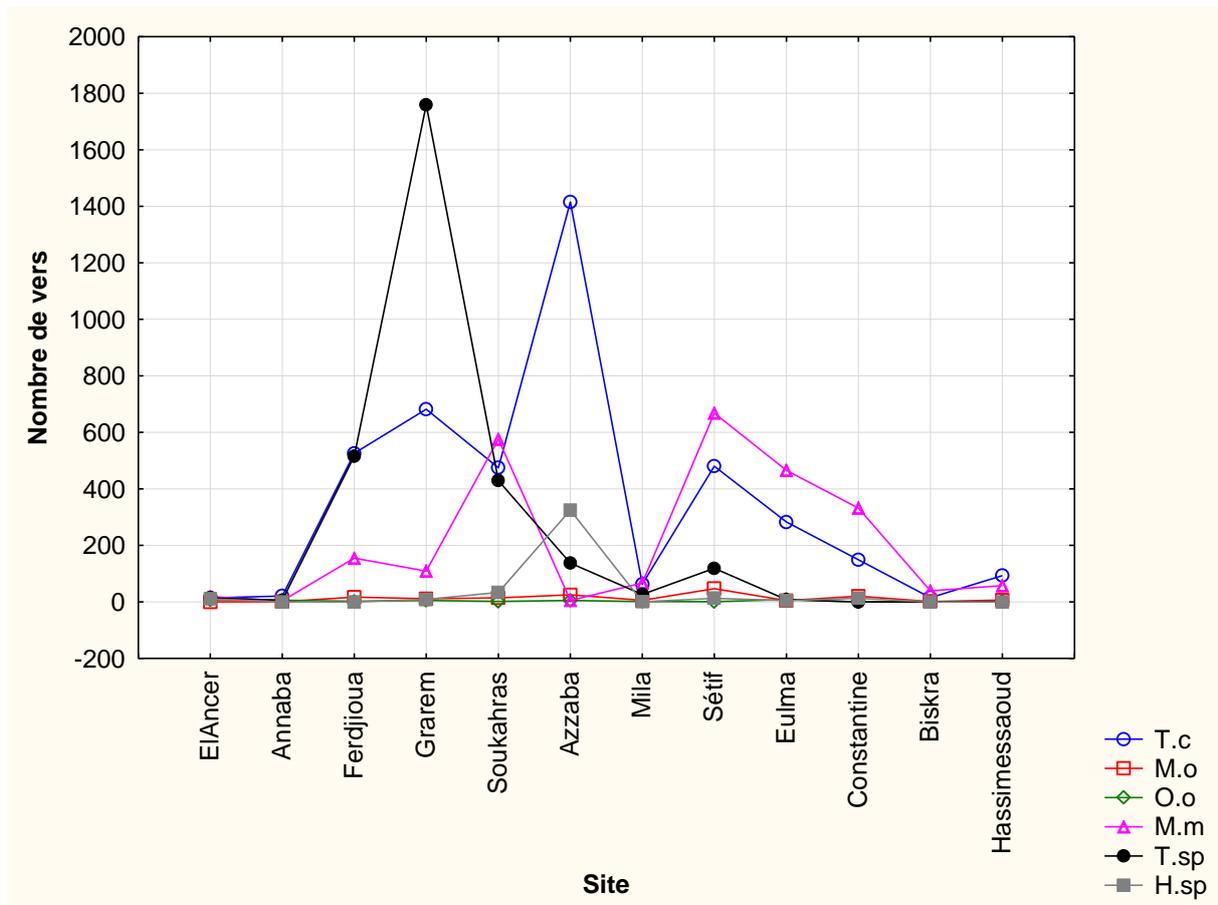


Figure 27 : Variations des charges parasitaires moyennes des nématodes de la caillette des ovins dans douze sites de l'est algérien

T.c : *Teladorsagia circumcincta*, M.o : *Marshallagia occidentallis*, O.o : *Ostertagia ostertagi*, M.m : *Marshallagia marshalli*, T.sp. : *Trichostrongylus sp.*, H.sp. : *Haemonchus sp.*

L'analyse de régression linéaire confirme la relation de ces parasites avec le site: pour *Teladorsagia circumcincta* ($R^2=0,62$, $p=0,0$), pour *Marshallagia occidentallis* ($R^2=0,4$, $p=0,0$), pour *Marshallagia marshalli* ($R^2=0,4$, $p=0,0$) et pour *Haemonchus sp* ($R^2=0,8$, $p=0,0$) (Tableau 20).

Tableau 20: Analyse de régression linéaire avec les coefficients en considérant le site

	R	R ²	R ² ajusté	SS - Model	df - Model	MS - Model	SS - Residual	df - Residual	MS - Residual	F	P
T.c	0,8	0,62	0,6	6207597	11	564327	3652430	59	61905,6	9,1	0,0
M.o	0,6	0,4	0,3	11109	11	1010	17601	59	298,3	3,4	0,0
O.o	0,3	0,1	-0,06	593	11	54	4867	59	82,5	0,6	0,8
M.m	0,6	0,4	0,3	3894382	11	354035	5566250	59	94343,2	3,7	0,0
T.sp.	0,5	0,2	0,09	14749476	11	1340861	48670804	59	824928,9	1,6	0,1
H.sp.	0,9	0,8	0,9	203733	11	18521	26482	59	448,8	41,2	0,0

T.c : *Teladorsagia circumcincta*, M.o : *Marshallagia occidentallis*, O.o : *Ostertagia ostertagi*, M.m : *Marshallagia marshalli*, T.sp. : *Trichostrongylus sp.*, H.sp. : *Haemonchus sp.*

3.3.3. Analyse de l'effet « mois » sur la répartition des parasites de la caillette des ovins dans l'est algérien.

L'annexe n°1 montre la dynamique annuelle des charges individuels mensuelles des différents parasites de la caillette dans l'ensemble des sites étudiés.

Par l'ANOVA, l'influence de la saison (mois) sur la distribution du parasitisme a été analysée et a été significative (p=0,04) (Tableau 21).

Tableau 21: Tests multi variés de significativité avec le mois

	Valeur F	Effet -	df	Erreur -	df	p
Intercept	0,5	8,5	6	54,00		0,000002
Mois	0,2	1,4	66	294,40		0,04

L'observation de la dynamique montre une distinction de trois groupes de parasites répartis sur trois grandes saisons : *Trichostrongylus sp.* en hiver, *Teladorsagia circumcincta* et *Haemonchus sp.* au printemps et enfin *Marshallagia occidentallis* et *Marshallagia marshalli* en automne (figure 28).

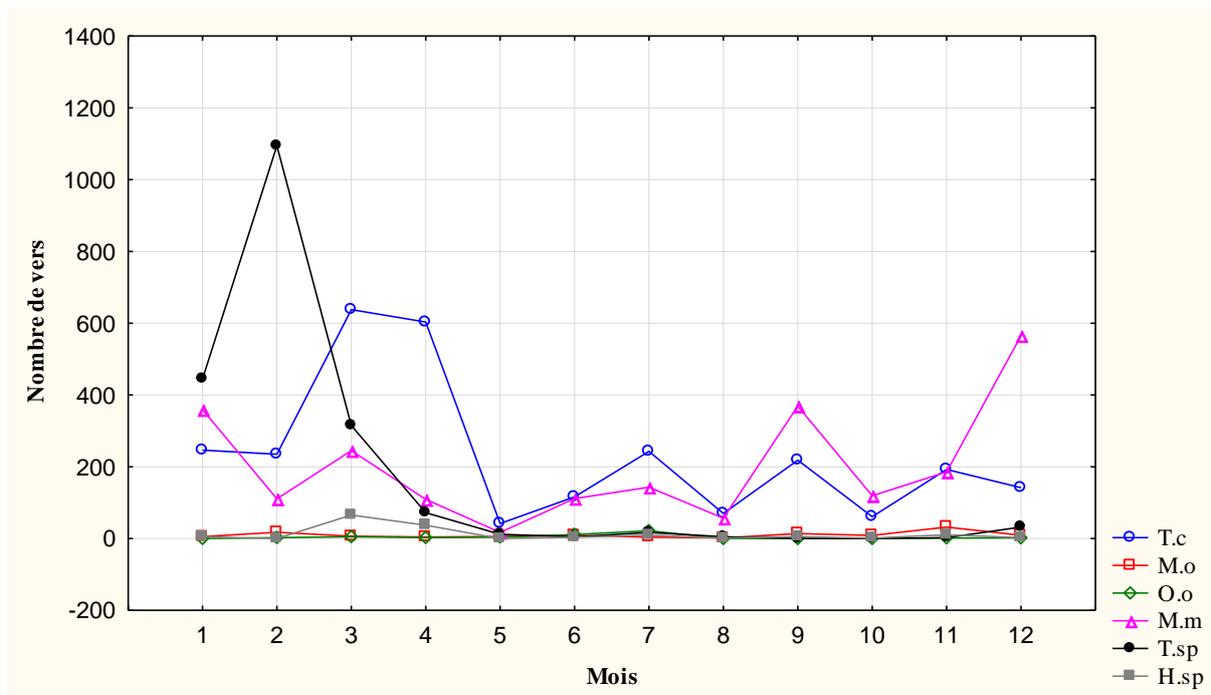


Figure 28: Cinétiques des charges moyennes mensuelles des nématodes de la caillette des ovins dans douze sites de l'est algérien

T.c : *Teladorsagia circumcincta*, M.o : *Marshallagia occidentallis*, O.o : *Ostertagia ostertagi*, M.m : *Marshallagia marshalli*, T.sp. : *Trichostrongylus sp.*, H.sp. : *Haemonchus sp.*

L'analyse uni variée (ANOVA) a montré que l'intensité de *Teladorsagia circumcincta* est significativement différente entre mars et avril, ($p=0,001$, $p=0,002$), celle de *Marshallagia occidentallis* et de *Marshallagia marshalli* est significativement différente en novembre ($p=0,002$ et $p=0,0001$). L'intensité d'*Ostertagia ostertagi* est significativement différente en juin et juillet ($p=0,04$ et $p=0,0001$), celle de *Trichostrongylus sp.* est significativement différente en février ($p=0,008$) et enfin, l'intensité d'*Haemonchus sp.* est significativement différente en mars ($p=0,010$) (Tableaux de 22 à 27).

Tableau 22: Charges moyennes mensuelles de *Teladorsagia circumcincta*

Mois	P	Moyenne	Ecart type	Int conf-95%	Int conf +95%
1		246	121	4	489
2		235	121	-8	477
3	0,001	638	121	395	880
4	0,002	603	114	375	832
5		42	198	-354	438
6		116	153	-191	423
7		243	198	-153	639
8		70	198	-326	466
9		218	198	-178	614
10		61	153	-246	368
11		205	121	-37	448
12		142	121	-101	384

Int conf- : Intervalle de confiance minimale, Int conf + : Intervalle de confiance maximale

Tableau 23: Charges moyennes mensuelles de *Marshallagia occidentalis*

Mois	P	Moyenne	Ecart type	Int conf-95%	Int conf+95%
1		5	7	-9	19
2		17	7	3	31
3		7	7	-7	21
4		4	7	-9	18
5		6	11	-17	29
6		9	9	-9	27
7		4	11	-19	27
8		2	11	-21	25
9		14	11,	-9	37
10		9	9	-9	27
11	0,002	32	7	18	46
12		9	7	-5	23

Int conf- : Intervalle de confiance minimale, Int conf + : Intervalle de confiance maximale

Tableau 24: Charges moyennes mensuelles d'*Ostertagia ostertagi*

Mois	P	Moyenne	Ecart type	Int conf-95%	Int conf +95%
1		-0	3	-6	6
2		2	3	-3	8
3		5	3	-1	11
4		3	3	-2	8
5		4	5	-5	13
6	0,04	11	4	4	19
7	0,0001	22	5	13	31
8		0	5	-9	9
9		0	5	-9	9
10		-0	4	-7	7
11		1	3	-4,	7
12		2	3	-4	7

Int conf- : Intervalle de confiance minimale, Int conf + : Intervalle de confiance maximale

Tableau 25: Charges moyennes mensuelles de de *Marshallagia marshalli*

Mois	P	Moyenne	Ecart type	Int conf-95%	Int conf +95%
1		359	128	103	615
2		111	128	-145	367
3		245	128	-11	501
4		109	121	-132	351
5		17	209	-401	435
6		112	162	-212	436
7		143	209	-275	561
8		57	209	-361	475
9		369	209	-49	787
10		119	162	-205	443
11	0,00009	565	128	-70	442
12		186	128	309	822

Int conf- : Intervalle de confiance minimale, Int conf + : Intervalle de confiance maximale

Tableau 26: Charges moyennes mensuelles de *Trichostrongylus sp*

Mois	P	Moyenne	Ecart type	Int conf-95%	Int conf +95%
1		445	341	-238	1128
2	0,008	1094	341	411	1777
3		315	341	-368	998
4		72	322	-572	716
5		12	557	-1103	1127
6		5	432	-859	868
7		17	557	-1098	1132
8		5	557	-1110	1120
9		0	557	-1115	1115
10		0	432	-864	864
11		3	341	-680	685
12		32	341	-651	715

Int conf- : Intervalle de confiance minimale, Int conf + : Intervalle de confiance maximale

Tableau 27: Charges moyennes mensuelles d'*Haemonchus sp.*

Mois	P	Moyenne	Ecart type	Int conf-95%	Int conf +95%
1		5	20	-36	46
2		0	20	-41	41
3	0,010	66	20	25	107
4		37	19	-1	76
5		0	33	-67	67
6		4	26	-48	55
7		10	33	-57	77
8		1	33	-66	68
9		6	33	-61	73
10		2	26	-50	53
11		10	20	-30	51
12		3	20	-38	44

Int conf- : Intervalle de confiance minimale, Int conf + : Intervalle de confiance maximale

3.3.4. Analyse de l'effet combiné du site et du mois sur la répartition des parasites de la caillette des ovins dans l'est algérien.

Un Modèle Linéaire Général (GLM) a été appliqué en prenant le mois comme covariable et le site comme facteur. Le tableau 28 reprend les charges parasitaires des différentes espèces parasitaires dans les sites étudiés mais en moyennes ajustées.

Le modèle fait ressortir trois principales espèces de parasites qui se partagent la majorité de l'abondance : *Teladorsagia circumcincta*, *Marshallagia marshalli* et *Trichostrongylus sp.*

Marshallagia marshalli est abondant d'abord à Sétif (semi-aride) et Soukahras (subhumide) puis à El Eulma (semi-aride). *Teladorsagia circumcincta* est présent en nombre élevé dans

quatre sites subhumides : Azzaba, Ferdjioua Grarem et Soukahras. Puis dans un site semi-aride qui est Sétif. *Haemonchus contortus* est présent à Azzaba (sub-humid) et *Trichostrongylus sp.* est abondant à Grarem (subhumide) mais aussi à Soukahras et à Ferdjioua (subhumide).

Tableau 28: Abondance des nématodes de la caillette des ovins dans 12 sites de l'est algérien

Site/Nbre d'autopsies	Espèces de nematodes				
	<i>T. circumcincta</i>	<i>O. ostertagi</i>	<i>M. marshalli</i>	<i>Trichostrongylus sp.</i>	<i>H. contortus</i>
ANNABA (40)	33± 40	9±17	16±22	6±17	1±4
AZZABA (9)	331±336	1±2	1±2	21±19	37±85
BISKRA (16)	9±12	0±1	20±32	0	0
CONSTANTINE (60)	6±3	0±.9	9±4	0±0	0±1
EI ANCER (8)	6 ±7	2±3	7±9	34±54	3±2
EULMA (59)	54 ±47	1±3	104±142	2±7	1 ±3
FERDJIOUA (22)	148 ±110	1±2	42±33	141±234	0
GRAREM (18)	205 ±175	0±6	31±64	489±1177	5±11
HASSIMESSAOUD (18)	28 ±35	1±1	16±25	0	0
MILA (43)	16±16	0±1	16±24	6±22	0±1
SETIF (20)	158±155	0±1	200±249	36±71	4±12
SOUKAHRAS (22)	133± 213	1 ±2	16 ± 23	6±22	0±1

Cas de *Marshallagia marshalli*

La figure 29 montre que les proportions de *M. marshalli* les plus élevées sont enregistrées dans les sites semi-arides (El Eulma, Constantine, Setif and Mila) mais aussi dans un site aride (Biskra) et un autre subhumide (Soukahras).

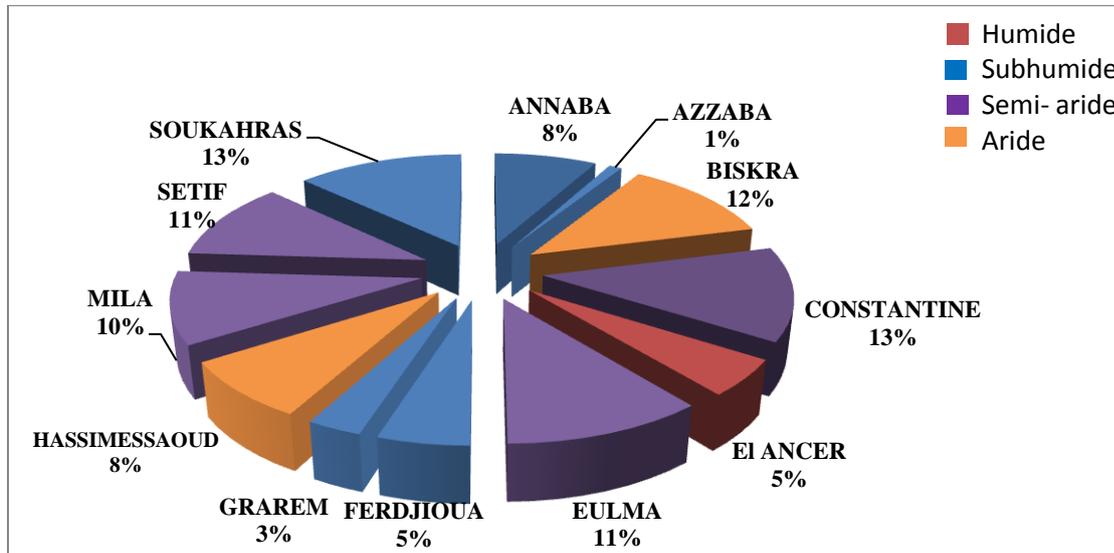


Figure 29: Proportions de *Marshallagia marshalli* chez les ovins dans 12 sites de l'est algérien

3.4. Saisonnalité des regroupements parasitaires des nématodes de la caillette chez les ovins dans l'est algérien.

L'analyse a été réalisée avec un GLM (Modèle Linéaire Général) incluant le site, le mois et les interactions des trois principales espèces (*Teladorsagia circumcincta*, *Marshallagia marshalli* et *Trichostrongylus sp.*) vu que le reste des parasites sont présents avec de faibles charges.

Les interactions entre les mois (saisons) et les moyennes (ajustées) apparaissent dans les figures 30 et 31.

L'analyse a fait ressortir clairement une distinction entre le domaine subhumide et le domaine semi-aride vu que les regroupements des différents parasites y sont les plus différents.

L'effet de la saison est clair dans le domaine subhumide pour *T. circumcincta* (avril et mai), pour *Marshallagia marshalli* (juillet–août puis novembre–décembre) et enfin pour *Trichostrongylus sp.* (janvier–février). Il n'y a pas saisonnalité claire dans l'étage semi-aride pour *T. circumcincta* et *Trichostrongylus sp.* mais *M. marshalli* était en grande proportion en décembre-janvier.

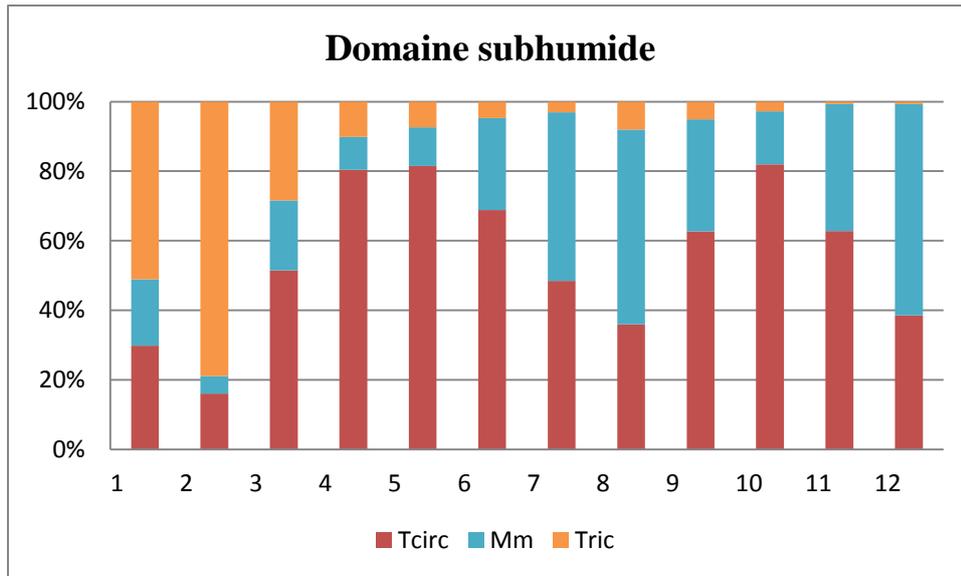


Figure 30: Proportions mensuelles des trois principales espèces de parasites de la caillette (*T. circumcincta*, *M. marshalli* et *Trichostrongylus sp.*) dans le domaine subhumide chez les ovins dans l'est algérien

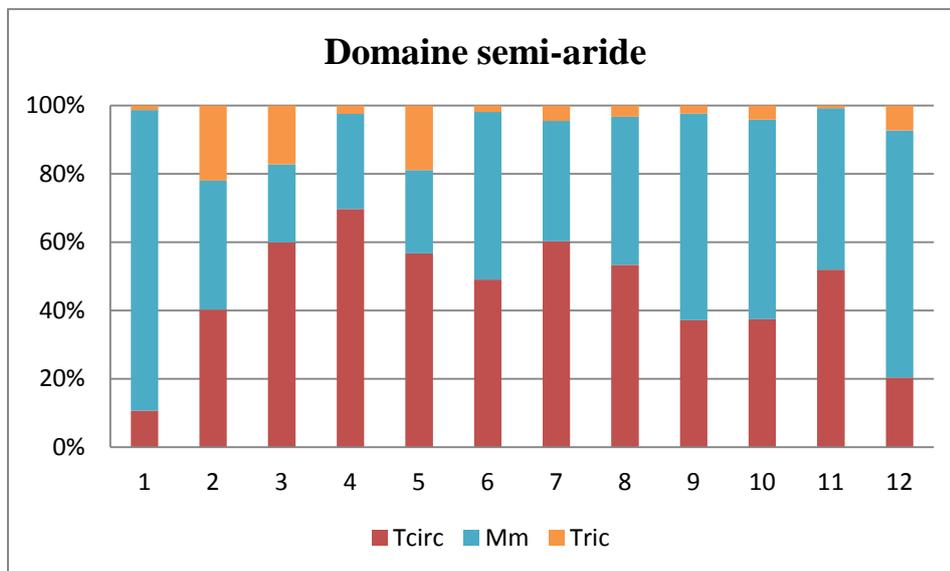


Figure 31: Proportions mensuelles des trois principales espèces de parasites de la caillette (*T. circumcincta*, *M. marshalli* et *Trichostrongylus sp.*) dans le domaine semi-aride chez les ovins dans l'est algérien

3.5. Relation des nématodes de la caillette des ovins avec les variables climatiques dans l'est algérien.

La corrélation de Spearman a également été calculée entre l'abondance ou la proportion des espèces parasitaires et les données climatiques afin d'aboutir aux facteurs climatiques les plus influents.

Tous les paramètres climatiques étaient significativement corrélés. L'index bioclimatique d'Emberger est le plus relié à la pluviométrie ($r_s=0,89$) mais aussi aux températures minimale ($r_s=0,18$) et maximale ($r_s=0,5$), le coefficient de corrélation de Spearman r_s est considéré comme significatif à $p=0,05$ lorsque $r_s > 0,12$ (Tableau 29 et Annexe 2).

La majorité des parasites est reliée positivement et significativement à la température et à la pluviométrie sauf *M. marshalli* qui au contraire a une corrélation négative avec les deux facteurs climatiques.

Tableau 29: Corrélations par le coefficient de Spearman de l'abondance et des proportions des espèces parasitaires avec les variables climatiques

Espèces de nématodes	Variables climatiques			
	Pluviométrie (mm)	Min °C	Max°C	Index d'Emberger
Proportion				
<i>Teladorsagia</i>	0,05	0,10	0,12	0,03
<i>circumcincta</i>	<i>-0,17</i>	<i>-0,08</i>	<i>0,02</i>	<i>-0,13</i>
<i>Ostertagia ostertagi</i>	0,05	0,29	0,15	0,24
	<i>-0,21</i>	<i>0,43</i>	<i>0,11</i>	0,01
<i>Marshallagia</i>	-0,26	-0,27	-0,27	-0,27
<i>marshalli</i>	-0,58	<i>-0,09</i>	<i>-0,18</i>	-0,55
<i>Trichostrongylus</i> sp.	0,32	0,16	0,19	0,29
	0,61	<i>0,04</i>	<i>-0,12</i>	0,62
<i>Haemonchus</i> sp.	0,13	0,01	0,05	0,17
	0,61	<i>0,01</i>	<i>-0,11</i>	0,68
Abondance				
<i>Teladorsagia</i>	0,12	-0,08	-0,11	0,01
<i>circumcincta</i>	<i>0,39</i>	<i>-0,16</i>	<i>-0,07</i>	<i>0,28</i>
<i>Ostertagia ostertagi</i>	0,04	0,11	0,26	0,23
	<i>0,39</i>	<i>0,23</i>	0,02	0,56
<i>Marshallagia</i>	-0,17	-0,39	-0,40	-0,25
<i>marshalli</i>	-0,17	<i>-0,16</i>	<i>-0,13</i>	<i>-0,20</i>
<i>Trichostrongylus</i> sp.	0,29	0,16	0,13	0,25
	0,64	<i>-0,16</i>	<i>-0,13</i>	0,54
<i>Haemonchus</i> sp.	0,13	0,04	0,01	0,10
	0,72	<i>-0,06</i>	<i>-0,11</i>	0,70

Coefficient de corrélation de Spearman r_s , valeurs individuelles ($r_{s>0,12}$) et moyennes de site en italique ($r_{s>0,54}$) significatif en gras à $p=0,05$.

Des régressions multiples ont été effectuées en utilisant la technique de stepwise (par étape) en utilisant les proportions de chaque parasite (PcOST, PcMAR, PcHAEM, PcTRIC respectivement pour les proportions de *Ostertagia ostertagi*, *M. marshalli*, *Haemonchus sp.* et *Trichostrongylus sp.*) (Tableau 30).

Les quatre espèces (*Ostertagia ostertagi*, *M. marshalli*, *Haemonchus sp.* et *Trichostrongylus sp.*) sont toutes corrélées avec les variables climatiques.

Tableau 30 : Corrélations avec le coefficient R entre les parasites et les variables climatiques

Parasites	Proportion	Pluviométrie	MinC	MaxC	p	R
Pc OST	0.122		0,011	-0.008	0.00	0.26
Pc MAR	1.64	-0.0006		-0.033	0.00	0.27
Pc HAEM	-0.02	0.00007			0.00	0.15
Pc TRIC	-0.43	0.0003		0.012	0.00	0.28

Une Analyse en Composante principale a été réalisée dans le but d'étudier l'intensité des relations entre l'abondance des différents parasites de la caillette et les facteurs climatiques représentés par la pluviométrie, la température et l'indice d'Emberger (Figure 32). Le premier axe de l'analyse (31% de la variance) a été décrit en opposant l'indice d'Emberger et la pluviométrie d'un côté et la température (essentiellement les températures maximales) d'un autre. Le second axe (19% de la variance) correspond à l'abondance des espèces, la plus représentative entre elles étant *M. marshalli* et *O. ostertagi*. *M. marshalli* diffère par rapport au reste des trichostrongles par le fait de sa relation négative avec les paramètres climatiques. Les mêmes analyses statistiques conduites avec une espèce parasitaire à la fois n'ont pas modifié la relation avec les variables climatiques ce qui prouve que les différences dans l'abondance sont étroitement régies par le climat.

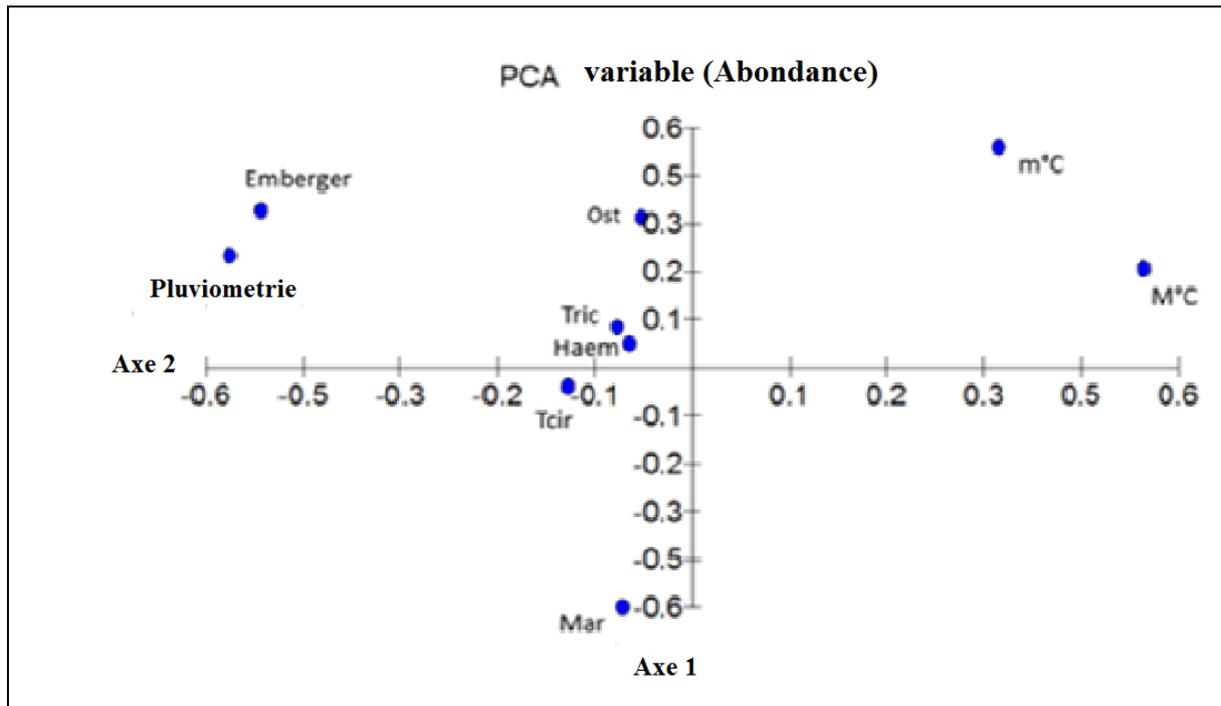


Figure 32: La relation entre l'abondance des différents nématodes et les facteurs climatiques (pluviométrie, et l'indice d'Emberger en utilisant l'analyse en composante principale (ACP) *Haemonchus sp.* (Haem); *M. marshalli* (Mar); *O. ostertagi* (Ost); *T. circumcincta* (Tcir); *Trichostrongylus sp.* (Tric); indice bioclimatique d'Emberger (Emberger); températures maximale (M°C) et minimale (m°C).

3.5.1. Cas de *Marshallagia marshalli*

L'une des variables climatiques (Pluviométrie= Rain) qui a le plus de corrélation avec les parasites est prise en considération pour construire des regroupements hiérarchiques par la méthode centroïde avec les corrélations de Spearman comme mesure de similarité. Les deux mesures ont été utilisées aussi bien l'abondance que les proportions parasitaires (Figures 33 et 34).

La relation entre *Marshallagia marshalli* et le climat (pluviométrie) est très différente comparée aux reste des nématodes de la caillette ; toutes les espèces entretiennent une relation positive avec la pluviométrie en prenant en considération aussi bien l'abondance que les proportions à l'exception de *Marshallagia marshalli*.

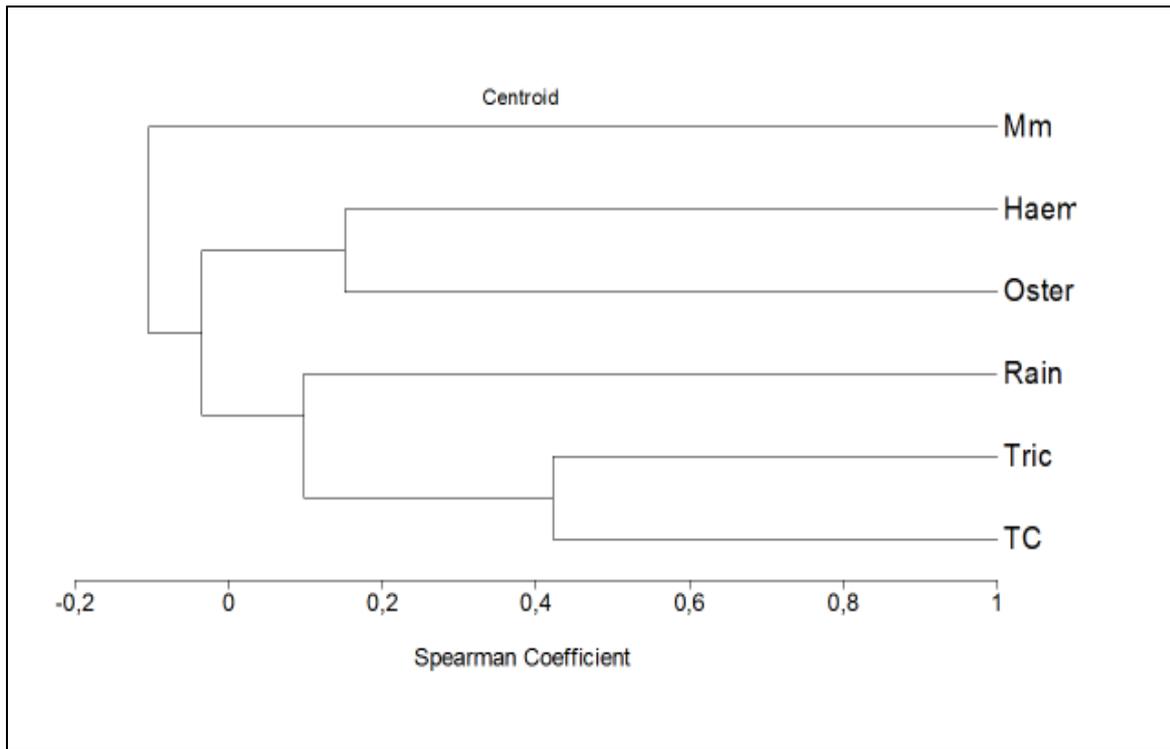


Figure 33: Dendrogramme de regroupement hiérarchique de la relation entre l'abondance des nématodes et la pluviométrie (Rain)

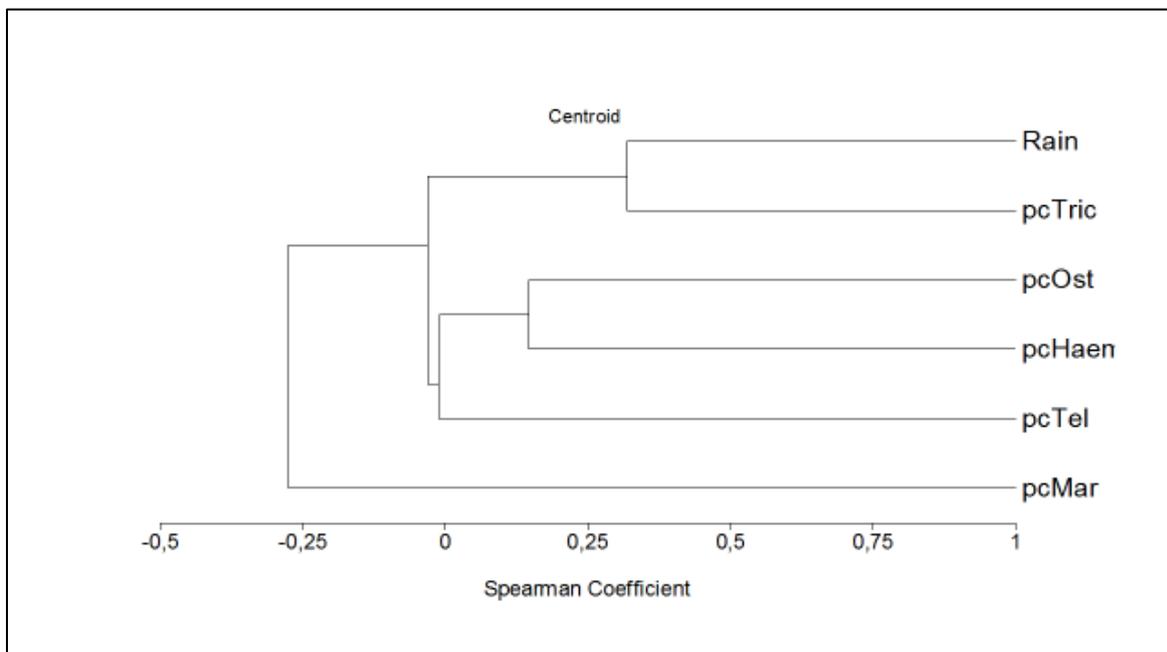


Figure 34: Dendrogramme de regroupement hiérarchique de la relation entre les proportions (pc) des nématodes et la pluviométrie (Rain)

La nature de cette relation entre l'abondance des trois principales espèces parasitaires (*Teladorsagia circumcincta*, *Marshallagia marshalli* et *Trichostrongylus sp.*) et la pluviométrie a été analysée dans le but de faire ressortir l'équation qui la traduit le mieux (linéaire, cubique ou quadrique).

Les figures 35 et 36 montrent que si cette relation est plutôt linéaire pour *Teladorsagia circumcincta* ($R=0,10$; $p=0,04$) et *Trichostrongylus sp.* ($R=0,10$; $p= 0,04$), elle est loin de l'être pour *Marshallagia marshalli*, en effet la meilleure estimation pour la relation de ce dernier avec la pluviométrie est obtenue grâce à l'équation quadrique avec la valeur de 350 à 450 mm de pluviométrie ($R=0,30$; $p= 0,00$) (Figure 37).

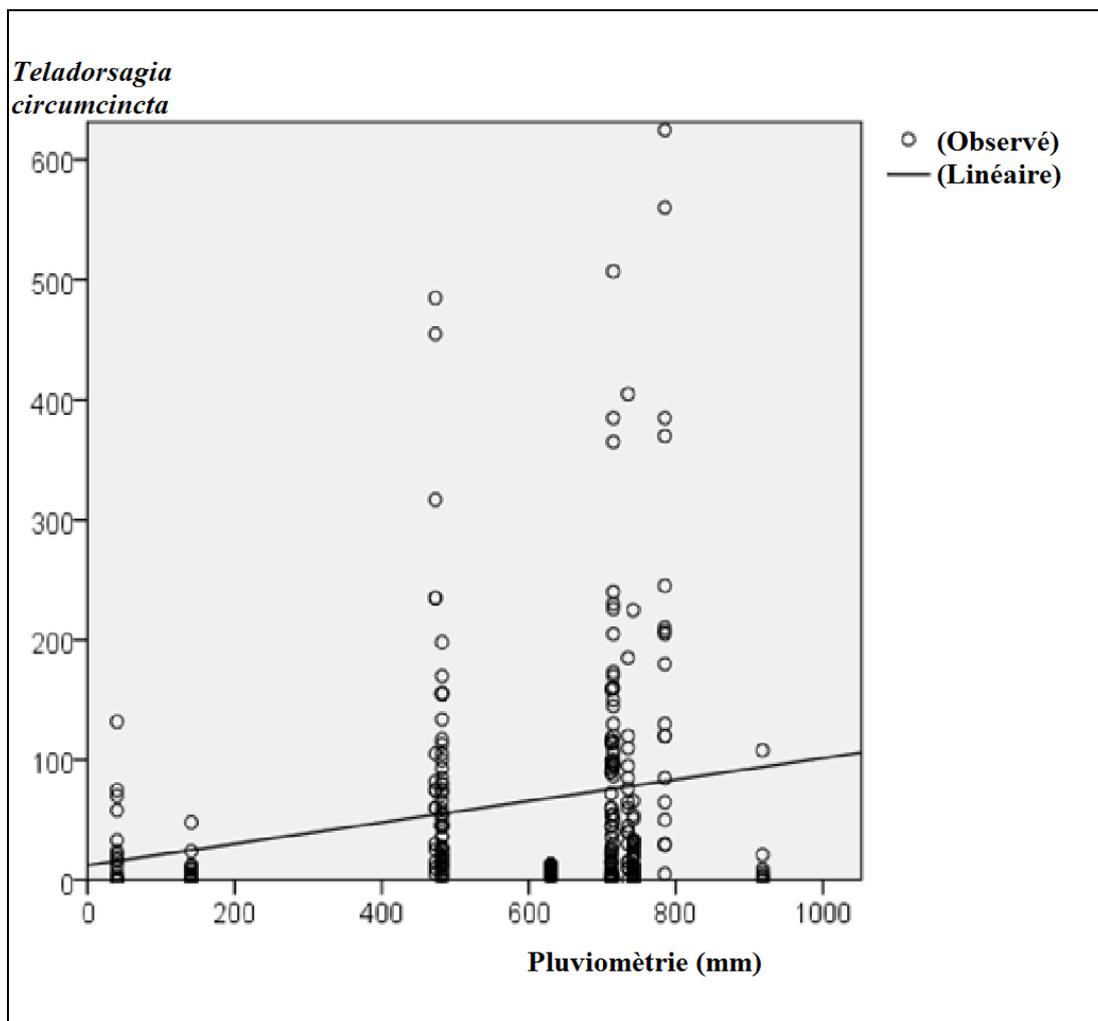


Figure 35: Relation entre la pluviométrie et les charges de *Teladorsagia circumcincta*

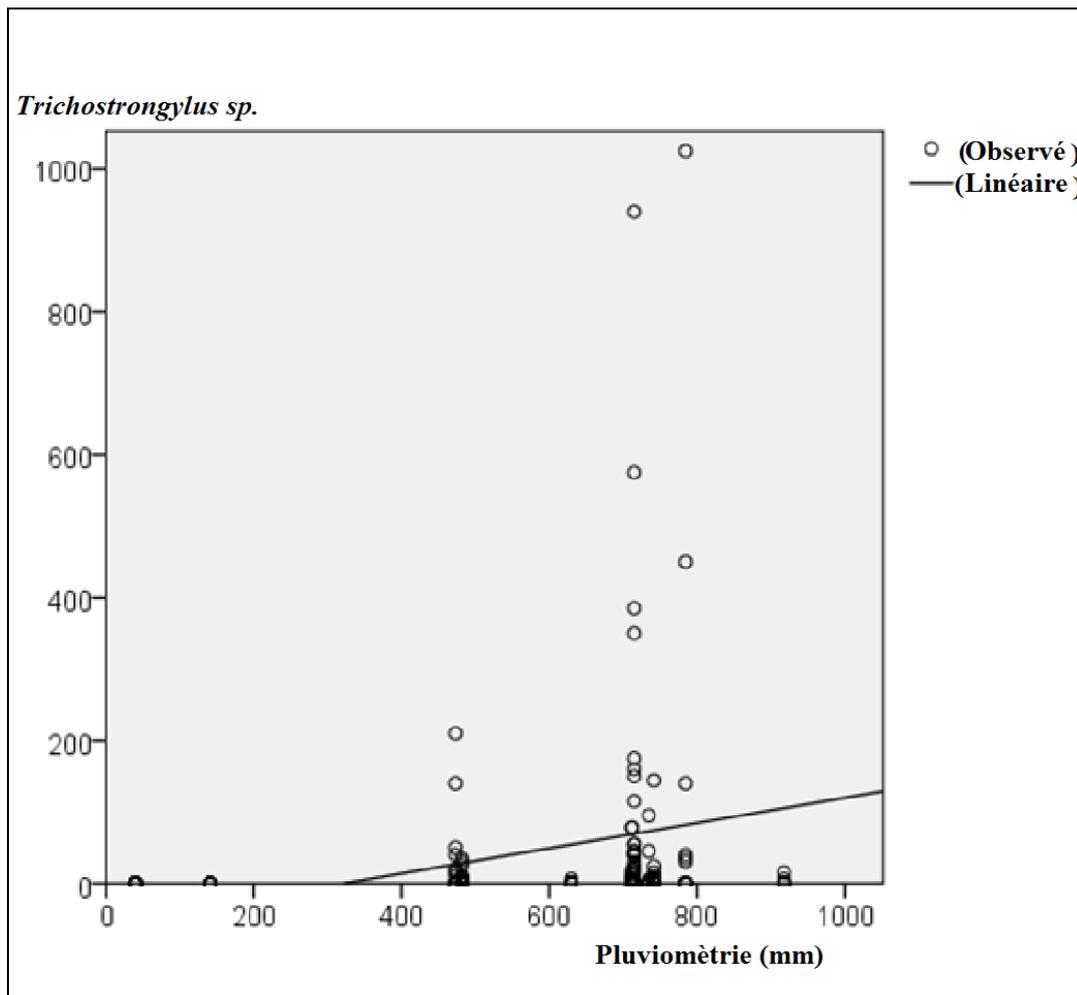


Figure 36: Relation entre la pluviométrie et les charges de *Trichostrongylus sp.*

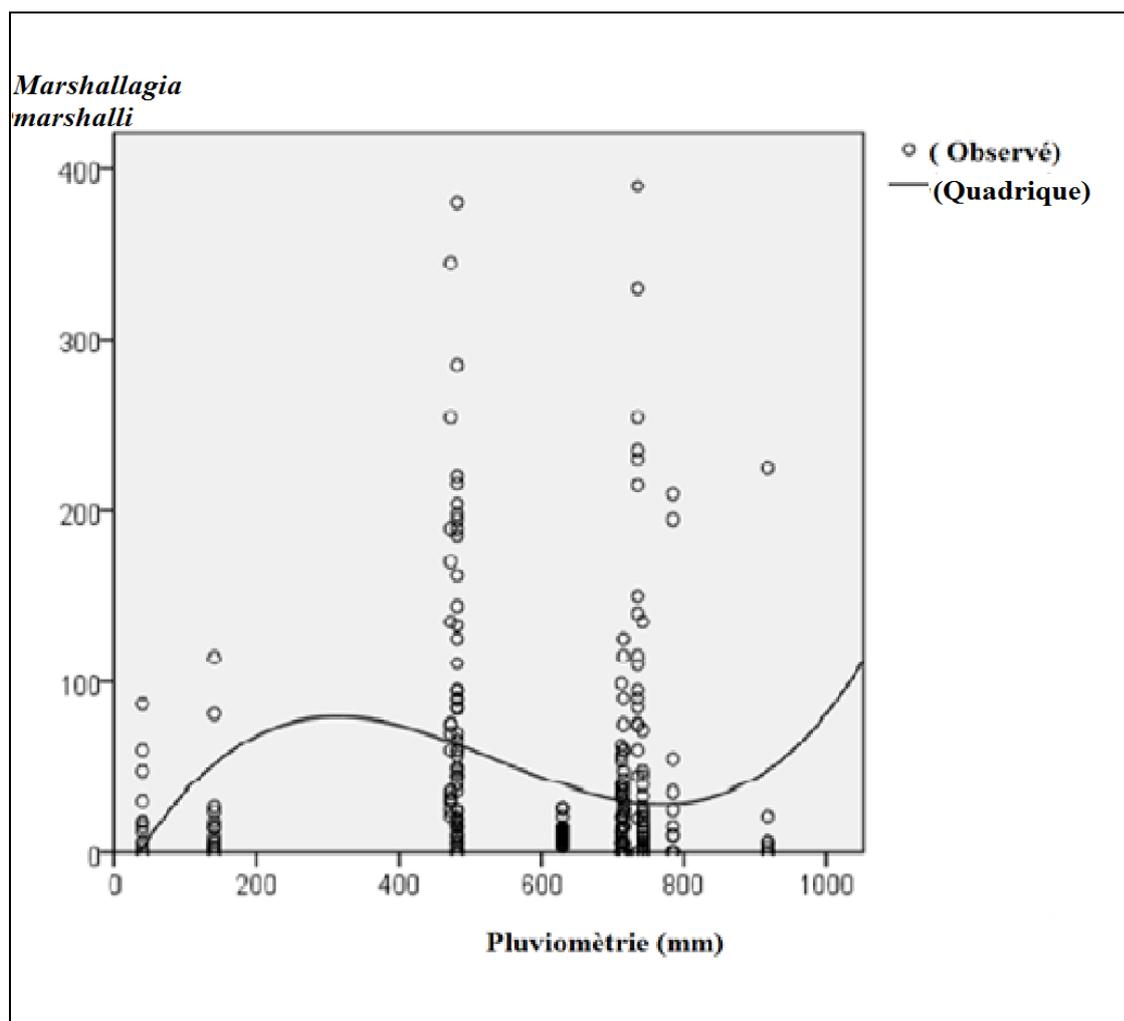


Figure 37: Relation entre la pluviométrie et les charges de *Marshallagia marshalli*

4. Discussion

La faune parasitaire abomasale recensée dans l'ensemble des sites de l'Est algérien est très riche comprenant 7 espèces de nématodes. Ces espèces sont retrouvées parmi les principales incluses dans la faune de nombreuses études portant sur le parasitisme de la caillette chez les ovins dans le monde telle que en Espagne (Diez-Banos, 1992, en Iran (Nabavi et al, 2011) ou en Arabie Saoudite (El-Azazy, 1995).

La charge parasitaire moyenne de 170 vers par animal était faible associée à une prévalence relativement élevée. Arneberg et al en 1998, estiment que la prévalence et l'intensité, qui sont les deux principales mesures de la densité des populations parasitaires, sont très faiblement corrélées; beaucoup d'animaux sont ainsi infestés sans pour autant que l'intensité parasitaire ne soit élevée ou maximale.

Ce n'est pas la première fois que les faibles intensités parasitaires gastro-intestinales sont rapportées en Algérie, puisque d'autres travaux basés sur le comptage fécal des œufs (Bentounsi et al, 2001; Bentounsi et al, 2007; Triki-Yamani et Bachir-Bacha, 2010; Meradi et al, 2011; Cabaret et al, 2015) et sur les bilans nécropsiques (Bentounsi et al, 2012) l'ont déjà mentionnées. Les études européennes qui rapportent des intensités largement supérieures sont probablement dues au jeune âge des animaux étudiés dépassant rarement les six mois d'âge (Gaba et al, 2006; Cabaret et al, 2002) à la différence de celles retrouvées dans nos abattoirs où l'âge des agneaux est de 12 mois voire un peu plus.

L'explication de cette faible charge parasitaire est d'abord liée à l'acquisition des larves infestantes par les animaux, qui ont en classiquement deux grandes sources potentielles: les larves résiduelles provenant des pâturages précédents et par conséquent ayant survécu à l'hiver avec ses conditions rudes (over-winter) et celles issues des œufs déposés par les brebis et les agneaux sur les pâturages durant la belle saison. Dans les deux cas, une faible charge larvaire initiale sur l'herbe conduit systématiquement à une faible intensité parasitaire chez l'animal (Gibson et Everett, 1975). Par conséquent, le développement des œufs durant l'été et la survie des larves durant l'hiver sont régulés par de nombreux facteurs qui déterminent ainsi le niveau d'infestation des pâturages (Donald et Waller, 1973). Parmi ces facteurs, les pratiques et la gestion d'élevages sont fortement déterminants en Algérie. La nature de nos élevages surtout extensifs privilégiant les longs parcours et la transhumance

saisonniers, sont en partie responsables de l'appauvrissement des pâtures en larves infestantes. Ce phénomène est responsable d'un côté de la diminution de l'exposition et de l'ingestion des larves par les animaux et d'un autre côté de la coupure du cycle de vie des larves qui est conditionné par les aléas du climat (Stromberg et Averbeck, 1999; Colvin et al, 2012). Même si ces pratiques ancestrales commencent à diminuer en faveur d'une sédentarisation de l'élevage ovin (Benidir et al, 2008), la conséquence de l'engraissement intensif des agneaux avec un accès limité aux pâturages est qu'il va limiter le recyclage des larves et l'infestivité des pâturages, la charge des brebis n'en sera que plus basse (Bentounsi et al, 2007). Le traitement anthelminthiques des brebis avant l'agnelage accentuerait ce phénomène en réduisant le nombre d'œufs éliminés dans le milieu extérieur et favorisant la création de pâturages plus « propres » (Stromberg et Averbeck, 1999; Donald et Waller, 1973). A cela, on associe le comportement individuel de certains animaux en pâture qui ont tendance à éviter les zones les plus riches en larves (Gaba et al, 2006). La taille du troupeau se trouve également impliquée dans cette régulation puisque Cornell (2005) rapporte que lorsque les niveaux d'infestation initiale sont bas, la faiblesse des charges est corrélée à un nombre d'individus hautement élevé (≥ 500 individus). La pratique des élevages mixtes où les moutons sont élevés avec d'autres espèces largement présentes en Algérie avec des bovins, des caprins et des camelins est susceptible elle aussi de réduire l'intensité des infestations chez les ovins en relation avec la spécificité relative de certaines espèces parasites pour ces hôtes et sur l'immunité croisée que peut engendrer une infestation réciproque du fait des communautés antigéniques (Barger et Southcott 1975; Stromberg et Averbeck, 1999; Cabaret et al, 2015).

La comparaison avec des pays où les pratiques d'élevages sont similaires comme l'Iran, l'Inde ou le Nigéria, confirme ces faibles infestations retrouvées; 98 et 112 vers en Iran (Garedaghi et al, 2013; Nabavi et al, 2011) 73 vers en Inde (Tariq et al, 2008) et 6-150 vers au Nigéria (Nwosu et al, 2007). L'existence d'une possible résistance génétique des races algériennes à certains parasites gastro-intestinaux n'est pas à écarter (Cabaret et al, 2015). Enfin, le phénomène de résistance aux anthelminthiques et son implication dans la réduction de la diversité de la faune parasitaire est aussi cité et a été démontré dans les expériences de Kerboeuf et Hubert en 1990 chez les ovins ainsi que dans l'étude de Gasnier (1994) sur les chèvres où la diversité spécifique est réduite chez les espèces résistantes. Dans l'Est

algérien, le phénomène de résistance des ovins aux benzimidazoles et à l'ivermectine était prévalent dans plusieurs fermes (Bentounsi, 2007). Ainsi on pourrait penser que l'espèce parasitaire réellement résistante en Algérie pourrait être privilégiée par les traitements antiparasitaires et prendre la dominance du reste de la flore. L'existence par contre de plusieurs parasites résistants ne conduirait pas au même résultat.

En considérant la diversité de la faune parasitaire, la dominance dans l'Est algérien a été partagée entre trois espèces : *Teladorsagia circumcincta* (37%), *Marshallagia marshalli* (37%) et *Trichostrongylus. sp* (16%). La dominance de ces trois parasites dans la faune abomasique, confirmée par des prévalences approchant les 100% (96% pour *Teladorsagia circumcincta* et 87% pour *Marshallagia marshalli*) a été aussi retrouvée dans des études similaires dans plusieurs régions du monde; d'abord dans l'Est algérien (Meradi, 2011; Bentounsi et al, 2012) au Maroc (Cabaret, 1984), en Espagne (Diez-banos et al, 1992), au Kazakhstan (Morgan et al, 2006), en Syrie (Horchner, 1964 cité par Meradi et al, 2011), en Turquie (Cengiz et Deger, 2009) et en Iran (Garedaghi et al, 2013).

Cet assemblage particulier peut être expliqué selon Holmes (1987) par le fait qu'au sein de chaque communauté parasitaire, il y a un groupe d'espèces dominantes qui déterminent la structure de cette communauté. Ce phénomène est régulé à l'échelle individuelle par la réponse de l'hôte vis-à-vis des espèces parasitaires ainsi que par les réactions croisées positives (association) ou négatives (compétition) entre ces espèces (Hoste et Cabaret, 1992; Rigaud et al, 2010). Sauf que ces interactions ne concernent les ovins que lorsque les charges parasitaires sont très élevées (Holmes, 1987), ce qui laisse penser que la combinaison des différentes espèces qu'on retrouve dans un site géographique donné est plutôt le résultat des pratiques relatives à la gestion des troupeaux et de leurs parasites en combinaison avec les spécificités du climat local (Cabaret et Hoste, 1998; Diez- Banos et al, 1992).

En considérant donc d'abord le climat, nos résultats ont fait ressortir clairement une distinction entre le domaine subhumide et le domaine semi-aride vu que les regroupements des différents parasites y sont les plus différents. La dominance dans le subhumide a été pour *Trichostrongylus sp.*, *Teladorsagia circumcincta* et *Marshallagia marshalli* en rapport avec les exigences climatiques de ces parasites.

Teladorsagia circumcincta et *Trichostrongylus sp.* sont en effet les parasites dominants dans les pays méditerranéens à hivers frais et pluvieux où les conditions optimales pour leur développement larvaires sont réunies. Leur développement est idéal entre 11 et 33°C, mais ils peuvent tous les deux supporter des températures aussi basses que 4°C (O'Connor et al, 2006). Hoste et Cabaret (1992) pensent que parmi les nématodes gastro-intestinaux des ruminants, il y a des espèces dominantes (core species) et d'autres satellites. *Teladorsagia circumcincta* agirait justement comme une espèce dominante qui exercerait des interactions négatives avec d'autres parasites tels que *Haemonchus* en réduisant la capacité d'infestation de ce dernier et donc sa capacité d'installation.

Dans le domaine semi-aride, *Teladorsagia circumcincta* a été signalée comme espèce dominante mais en association avec *Marshallagia marshalli*. Cabaret et Hoste en 1998, estiment que plusieurs d'associations positives sont enregistrées entre les espèces colonisant l'abomasum ce qui peut refléter un effet "mutualiste", mais peut aussi être le résultat de l'influence environnementale commune régissant la disponibilité larvaire de plusieurs espèces.

Marshallagia marshalli est le parasite emblématique des régions steppiques (Suarez et Cabaret, 1991; Meradi et al, 2011) et sa grande prévalence a été déjà rapportée en Algérie en régions steppiques et arides (Boulkaboul et Moulaye, 2006; Saidi et Ayad, 2009; Meradi, 2011). Si sa prévalence est très élevée dans les régions désertiques, cela ne l'empêche pas de coloniser de nombreux animaux dans des régions à climat nettement plus doux comme dans la vallée indienne du Kashmir (Tariq et al, 2008) ou dans la région de Léon en Espagne (Diez-Banos et al, 1992).

Dans le domaine humide, *Haemonchus sp.* a été le parasite le plus prévalent suivi de *Trichostrongylus sp.* résultat en relation avec les exigences en eau et en température d'*Haemonchus sp.* et sa faible résistance au froid qui lui ont valu une dominance dans les zones tropicales et subtropicales de par le monde (Uriart et Gruner, 1989; Santos et al, 2012) et une présence moins significative dans les régions chaudes et sèches (O'Connor et al, 2006). On le trouve ainsi en premier dans les enquêtes réalisées dans des régions humides comme à Sumatra en Indonésie (Dorny et al, 1996), dans la vallée du Kashmir en Inde (Tariq et al, 2008) ou dans les zones pluvieuses du Burkina Faso (Belem et al, 2000). Pour *Trichostrongylus sp.*, Callinan (1979) estime qu'une pluviométrie mensuelle de 91 mm est nécessaire pour un

maximum de développement. Condition largement favorable dans le domaine humide, conduisant à une absence de survie des L3 de *Trichostrongylus* durant les étés chauds et secs (Callinan, 1978). L'association de ces deux parasites dans les zones climatiques humides est rapportée dans plus d'une étude (Dorny et al, 1996) en Indonésie (Tariq et al, 2008) et en Inde. Leur absence totale du domaine climatique aride ne fait que confirmer ce constat.

La présence d'*Ostertagia ostertagi* surtout dans le domaine humide est expliquée par le pâturage mixte entre bovins et ovins, caractéristique du littoral algérien comme ça a été rapporté dans les régions du monde où cette pratique existe depuis longtemps (Cabaret, 1984; Stromberg et Averbek, 1999; Meradi et al, 2011).

La présence caractéristique de *M. occidentalis* dans les zones arides et semi-arides de notre étude est en rapport avec ses exigences climatiques identiques à celles de *M. marshalli*. Ces deux espèces sont effectivement considérées par Lichtenfels et Pillit (1989) et Dallas et al (2001) comme des morphes qui peuvent coexister dans les mêmes domaines géographiques sous des conditions climatiques similaires (Suarez et Cabaret, 1991). Cabaret et Hoster en 1998 estiment que les morphes de la même espèce présentent de fortes associations positives de façon à ce que l'espèce mineure ou la moins prévalente (*M. occidentalis* dans notre cas) soit toujours associée à l'espèce majeure qui est plus abondante (*M. marshalli*).

La fluctuation saisonnière dans le nombre des nématodes gastro-intestinaux est un phénomène classique qui a suscité l'intérêt durant des décennies, vu sa possible utilisation dans des modèles prévisionnels des périodes de risque des nématodoses et l'évaluation par conséquent de stratégies de contrôle qui leur sont adéquates (Rose et al. 2014). D'après Tariq et al (2008), les grandes variations de températures durant les saisons de pâturage provoquent une sorte de coupure durant les moments difficiles de l'année perturbant ainsi la continuité du cycle de l'infestation entre l'hôte et les larves ce qui fait que la transmission des parasites ne s'opère pas toute l'année. Dans notre étude, l'effet saisonnier a été clair dans le domaine subhumide pour les trois espèces dominantes : *T. circumcineta* en avril-mai, *M. marshalli* en juillet-aout et en novembre-décembre et en fin *Trichostrongylus sp.* en janvier-fevrier. Mais il ne l'a été dans le domaine semi-aride que pour *M. marshalli* en décembre-janvier.

La saisonnalité automnale de *M. marshalli* a été déjà rapportée que ça soit en Algérie dans la région de Batna (Meradi, 2011) ou dans la région de Tiaret sur les œufs (Boulkaboul et Moulaye, 2006) ainsi que dans d'autres régions du monde (Maroc: Cabaret, 1984; Syrie: Giangaspero et al. 1992; Espagne: Diez-Baños, 1989, Ouzbékistan: Oripov, 1982). Ceci est en relation avec le moment où survient l'infestation résultat de l'influence du climat sur le niveau de contamination des pâtures (Michel, 1976). Pour *M. marshalli* l'infection est survenue probablement au début de l'automne. Tariq et al, 2008 affirment que les animaux qui pâturent sont sujets aux niveaux les plus élevés de l'infection au moment et juste après les mois les plus pluvieux de l'année. La résistance des œufs de cette espèce à la dessiccation (Carlsson et al, 2012) suppose qu'ils peuvent survivent facilement durant l'été, pour réinfester les animaux en début de la saison des pluies qui permettent leur incubation. On peut rajouter à cela l'effet des agnelages durant l'automne qui contribuent à enrichir les pâturages en parasites.

Pour *T. circumcineta* et *Trichostrongylus sp.*, comme pour la majorité des nématodes, leurs L3 survivent bien aux conditions de l'hiver, pour infester une fois le printemps arrivé les animaux, et surtout les plus jeunes sauf que dans les pays à climat plus doux, la température peut être assez élevée en automne et en hiver, permettant le développement de ces deux espèces et l'extension de la saison de pâturage s'accompagne ainsi d'un risque élevé d'infestation par ces parasites (Van Dijk et al., 2008). C'est de cette façon que la teladorsagiose dite printanière est maintenant décrite chez les ovins en Ecosse, suite aux changements climatiques rendant les hivers relativement plus doux dans ce pays et s'accompagnant de pics plus étendus (Kenyon et al, 2009). Gibson et Everett en 1972 par contre rapportent, que les œufs de *T. circumcineta* se développent tout au long de l'année au sud de l'Angleterre tant que la température du sol reste comprise entre 2 et 23 °C infestant ainsi les pâtures continuellement.

Pour *Trichostrongylus sp.*, Courtney et al (1983) soutiennent une autre théorie sur la dynamique de ce parasite. Ils affirment que sa population parasitaire adulte à n'importe quel moment de l'année, n'est pas nécessairement reliée au niveau réel des larves infestantes sur les pâturages, ceci à cause de l'effet cumulatif exercé par les mécanismes immunitaires de l'animal, qui au fil du temps va stocker les parasites, jusqu'à une limite correspondant à l'installation de l'espèce vers l'âge de 5 mois.

Le pic de *T. circumcincta* au printemps est similaire à ce qui a été retrouvé par Cabaret en 1984 dans la région de Moulay Bouazza au Maroc (de janvier à avril). De même que le maximum de *T. axei* et *T. vitrinus* enregistré entre février et avril puis en septembre et décembre.

En milieu subhumide, la succession des infestations parasitaires a été en automne et début d'hiver pour *M. marshalli*, en hiver pour *Trichostrongylus* sp puis au printemps pour *T. circumcincta*, tandis qu'elle n'a été qu'automnale pour *M. marshalli* en milieu semi-aride. Le fait que chaque espèce soit plus fréquente durant une période définie de l'année est à mettre sur le compte de la préférence que montre chaque espèce pour occuper une partie anatomique particulière de la caillette et la distribution saisonnière qui en découle n'est qu'un paramètre de leur niche écologique (Cabaret, 1984). Lafferty (2009 in Rose et al. 2014) note que d'autres facteurs non climatiques comme la gestion des pâturages et la conduite de l'élevage joueraient un rôle déterminant dans la dynamique des différentes parasitoses.

La relation retrouvée entre *Marshallagia marshalli* et le climat représenté par la pluviométrie est très différente comparée aux reste des nématodes de la caillette. Les charges de *Trichostrongylus* sp. et *T. circumcincta* entretiennent une relation linéaire avec les précipitations enregistrant des taux qui augmentent avec l'élévation des précipitations. A l'inverse, *Marshallagia marshalli* est plutôt corrélé avec les faibles précipitations comme l'ont déjà démontré Meradi et al (2011). Cette relation avec le climat à petite échelle (notre étude) est comparable à ce qui est observé à plus grande échelle à travers les régions steppiques du monde, la pluviométrie est le facteur climatique explicatif majeur (Meradi et al, 2011). A l'échelle mondiale, la relation est linéaire et négative tandis qu'elle est plus complexe à l'échelle locale synonyme d'adaptations locales qui se sont produites. Ces dernières sont difficiles à déchiffrer en l'absence de données claires sur l'historique de l'adaptation et sa durée (Tack et al, 2013).

Chapitre II.

**Ecologie de *Marshallagia marshalli*
parasite de la caillette des ovins**

Chapitre II. Ecologie de *Marshallagia marshalli* parasite de la caillette des ovins.

1. Introduction

Les études écologiques sont fondamentales pour la compréhension de l'épidémiologie locale des trichostrongylidae et l'élaboration de stratégies de lutte chez les petits ruminants (Tariq, 2015). Les études en conditions contrôlées sont menées dans le but de déterminer le rôle des facteurs écologiques sur le développement des stades libres lors de la phase externe du cycle parasitaire, apportant les indications nécessaires sur les seuils et les conditions optimales de développement (O'Connor et al, 2006).

Si les données expérimentales relatives aux conditions de développement de la plupart des nématodes gastro-intestinaux sont disponibles dans la littérature, celles concernant *Marshallagia marshalli* sont absentes.

Dans ce chapitre, par un ensemble de tests écologiques, on vise à évaluer certains traits de vie de *Marshallagia marshalli* et à observer son développement dans les conditions optimales et extrêmes les plus extrêmes comme la chaleur, le froid et la sécheresse pour comprendre ainsi sa distribution géographique particulière ainsi que ses variations saisonnières.

2. Matériel et méthodes

2.1. Les parasites

La souche mère de *Marshallagia marshalli* provient d'un isolat de vers retirés de plusieurs caillettes d'ovins recueillis à l'abattoir de Constantine.

Les œufs issus de femelles fraîches maintenues dans du sérum physiologique ont été mis à évoluer dans des boîtes de pétri sur de la crotte de cheval stérilisée à raison de 20 œufs par boîte. Le développement a été réalisé durant 10 j en conditions optimales constantes contrôlées de température (23°C), d'humidité relative de 80% et d'oxygénation (aération durant 30 mn/jour). Les larves de stade 3 (L3) obtenues sont extraites dans des dispositifs de Bearmann et ont constitué la première

génération. Ces larves ont été amplifiées une fois à la ferme de l'ISV du Khroub et 3 fois (Mars 2009, Septembre 2009 et Janvier 2015) au laboratoire de l'INRA de Tours (France) par passages successifs sur des agneaux expérimentaux avant de servir à la dernière expérimentation dite de primo infestation pour les tests écologiques (entre Avril et Juillet 2015).

2.2. Les animaux

Les agneaux utilisés dans les infestations d'amplification et de primo-infestation étaient âgés de trois à quatre mois et maintenus durant toute l'expérimentation à l'INRA dans des cages à digestibilité afin de faciliter la récolte des matières fécales, ou isolé à la ferme de l'ISVK en bergerie en hors-sol et l'agneau et équipé dans ce cas d'une ceinture de récolte de fèces (figure 38).

Leur alimentation est à base de grains de céréales ou de concentré complet et de paille ou de foin de céréales issu de parcelles non pâturées.

Ces animaux sont contrôlés indemnes de parasites par coproscopies et coprocultures. Ils sont aussi vermifugés par mesure de précaution 10 jours avant l'infestation (10 mg de fenbendazole plus 0,15 mg de lévamisole par kg de poids vif). Après l'infestation buccale par les larves de stade 3, un corticoïde (80 mg d'Acétonide de Triamcinolone ou KenacortND retard) est injecté afin de déprimer l'immunité pour favoriser l'implantation des larves ainsi que leur développement. A l'INRA la distribution automatique de l'eau a été coupée pendant quelques heures après l'inoculation pour éviter une contamination inter agneaux.



Figure 38 : Dispositif (ceinture) de récolte des fèces chez les ovins

2.3. Amplification de l'isolat parasitaire

Le transfert des larves à l'INRA de Tours s'est fait à deux reprises :

- La première fois avec 70 larves ayant servi à la première infestation en mars 2009. Des coprocultures sont réalisées dès que l'animal commence à excréter des œufs aboutissant à 150 L3 qui seront utilisées dans la deuxième infestation en septembre 2009.
- le deuxième transfert s'est fait en 2014 avec 200 larves. Les Baermann successives pour préparer l'inoculât n'ont sélectionné que 56 L3, en l'occurrence les plus vigoureuses ou présentant le plus de mobilité. Elles seront utilisées en association avec des larves issues des œufs émis par le mouton donneur lors de la deuxième infestation (au nombre de 118) pour réaliser la troisième infestation en janvier 2015 qui a abouti aux 1740 L3 inoculées pour la primo-infestation ciblant les tests écologiques.

Les larves ont été obtenues par coproculture des œufs extraits des fèces du mouton donneur. Les autopsies helminthologiques des agneaux expérimentaux ont été réalisées pour confirmer la pureté de la souche par l'absence d'autres nématodes.

2.4. Protocole expérimental

2.4.1. Cinétique de l'excrétion des œufs

L'excrétion fécale des œufs de *Marshallagia marshalli* du mouton infesté est suivie quotidiennement à partir du 21^{ème} jour après l'infestation jusqu'à l'abattage. Elle est réalisée par coproscopie par flottation en solution saturée de sulfate de zinc sur lame McMaster (Raynaud, 1970), sur les fèces fraîchement émises par le mouton donneur.

2.4.2. Développement des stades parasitaires

2.4.2.1. Viabilité des œufs

2.4.2.1.1. Extraction des œufs

Pour réaliser ce test, nous avons procédé à l'extraction des œufs à partir des fèces du mouton donneur selon la technique adaptée par Beaumont-Schwartz (1987) et rapportée par Rossanigo (1992).

1. Elle consiste à écraser et laver 10 grammes de fèces sous un fort jet d'eau dans une passoire (1mm de diamètre de maille) surplombant 3 tamis respectivement de 250 μ , 180 μ et 20 μ . Le contenu du tamis de 20 microns est récupéré dans un récipient. Cette solution est concentrée par centrifugation 5 mn à 2500 tours/ mn après adjonction de kaolin dans le but de faire descendre les œufs dans le culot.
2. Le surnageant est ôté et remplacé par une solution saturée de sulfate de magnésium. Le culot est remélangé, puis le tube est à nouveau centrifugé (5 mn à 1500 tours /mn).

Cette deuxième opération est répétée 3 à 4 fois de suite et, à chaque fois, le surnageant est versé sur un tamis de 20 microns qui est rincé abondamment sous le robinet. La solution aqueuse contenant les œufs propres est alors récupérée du

tamis. Leur comptage est réalisé sur une partie aliquote de 5 ou 10 microlitres de cette solution mère.

N.B. Nous avons adapté la technique à notre protocole en remplaçant le tamis de 125µm initialement prévu par un tamis de 180 µm. Les œufs de *Marshallagia* avec un diamètre moyen de 160µm peuvent être retenus à cette maille, engendrant des pertes à la récupération.

2.4.2.1.2. Test d'éclosion des œufs

Les œufs de *Marshallagia marshalli* extraits ont été concentrés à 130 œufs/µl et mis à incuber dans une coupelle d'eau durant 24 heures à 20°C (Beaumont-Schwartz, 1987 in Rossanigo, 1992). Le pourcentage d'œufs éclos a été estimé à la loupe binoculaire sur une centaine d'œufs.

Les 4 stades d'embryogénèse blastula, morula, têtard (tadpole) et œuf embryonné sont pris en considération (Soulsby, 1965 in Rossanigo 1992).

2.4.2.2. Développement de l'œuf jusqu'au stade larve 3 à différentes conditions de température et d'humidité pondérale

Trois répétitions de 5 g de matières fécales récoltées par voie rectale à partir de l'animal donneur ont été mises à évoluer dans 3 étuves ventilées réglées chacune à une température différente 23°, 28° et 30°C et dans deux réfrigérateurs pour les basses températures réglés à 4° et 8°C.

Cette opération est elle-même répétée 3 fois durant 3 jours afin de prendre en considération la variation de l'excrétion du mouton donneur. Ainsi 9 répétitions sont réalisées à chaque condition de développement.

Pour chaque température testée, les matières fécales subissent expérimentalement 3 conditions de variations du taux de l'humidité pondérale :

Humidité pondérale à 60% :

Est généralement l'humidité pondérale de l'émission lors d'une alimentation constante. L'humidité pondérale des matières fécales est exprimée en pourcentage de poids frais par la formule suivante :

HP (= humidité pondérale des fèces). = $100 \times (\text{Poids frais} - \text{Poids sec}) / \text{Poids frais}$

Le poids sec est estimé après dessèchement des fèces à l'étuve à 100°C durant 24h.

Humidité pondérale à 30% :

Pour obtenir cette condition d'humidité, les fèces ont été soumises à un dessèchement dans une étuve ventilée réglée à une température de 28°C. La durée du dessèchement est évaluée par le suivi du poids des fèces déposées.

La durée du dessèchement a été de 5 heures dans nos conditions.

Humidité pondérale à 70% :

Pour obtenir ce taux d'humidité, les matières fécales ont été soumises à une réhumidification par rajout contrôlé d'eau.

A ces différentes conditions de développement, les boîtes de coprocultures ont été placées dans des étuves et réfrigérateurs à température stable. Elles sont ouvertes une fois tous les deux jours à fin de les aérer et de vérifier l'humidité. La durée nécessaire au bon développement des larves est en moyenne de 40 jours pour les cultures à 4°C, 25 jours pour les cultures à 8°C, 10 jours pour celles à 23°C, 7 jours pour celles à 28°C et 6 jours pour celles à 30°C (Rossanigo, 1992).

Au total, 15 conditions de développement ont été testées pour *Marshallagia marshalli*, regroupant les conditions climatiques des sites où le parasite est réellement réparti ou absent sur le terrain (Tableau 31).

A l'issue de ce développement, les L3 ont été extraites selon la technique de Baerman (1917) et dénombrées sous la loupe binoculaire.

Tableau 31: Conditions de développement des coprocultures testées pour *Marshallagia marshalli*

Humidité pondérale - %	Températures - °C				
	4	8	23	28	30
60	Optimale				
30	Froide et sèche			Chaude et sèche	Chaude et sèche
70	Froide et humide			Chaude et humide	Chaude et humide
Durée - j	40	25	10	7	6

2.4.3. Taux d'installation

Il correspond au nombre de vers adultes/L3 ingérées ou à la probabilité de développement d'une larve L3 en adulte. Il est calculé après dénombrement des parasites adultes après abattage de l'agneau donneur selon la procédure décrite par Gaba et al, 2006.

2.4.4. Sensibilité des L3 à la dessiccation

Cinq dépôts de 10 µl d'une solution contenant les L3 de *Marshallagia marshalli* ont été réalisés sur une lame de verre. Le nombre de larves par goutte a été compté et ces lames ont été ensuite placées en atmosphère humide (dans une boîte en plastique contenant un papier humide) durant 1 heure, 24 heures, 1 semaine et 1 mois. Après dessiccation, les larves ont été réhydratées avec 10 µl d'eau. Après un délai de 30 mn, les larves L3 ayant survécu ont été dénombrées.

2.4.5. Fécondité et fertilité

Deux paramètres ont été calculés :

La fécondité est le nombre de propagules produites par la population.

Elle a été calculée après autopsie de l'animal donneur.

La formule: OFJ (oeuf/femelle/jour= OPG (oeuf par gramme de fèces (moy) x QFJ (quantité de fèces par jour)/ nbre de femelles à l'autopsie.

La fertilité est le nombre de propagules produites par reproducteur (Chylinsky, 2014).

Elle a été calculée en rapport avec la longueur du ver adulte sur 300 femelles de *Marshallagia marshalli* récoltées à l'abattoir de Constantine.

3. Résultats

3.1. Cinétique de l'excrétion des œufs de *Marshallagia marshalli*

L'excrétion des œufs a été observée à partir du 30^{ème} jour après l'infestation (J30) (tableau 32) et le nombre maximal atteint a été de 75 OPG.

La comparaison avec les cinétiques observées lors des infestations réalisées pour l'amplification de l'isolat montre une excrétion plus tardive notée à J39, J45, J48, qui n'a jamais dépassé le seuil de 15 OPG lors des 3 infestations d'amplification (figure 39).

Tableau 32: Cinétique de l'excrétion des œufs sur un agneau inoculé par 1740 L3 *Marshallagia marshalli*

Nombre de jours après l'infestation	<i>Marshallagia marshalli</i> OPG
J 23	0
J 27	0
<u>J 30</u>	30
J 35	15
J 36	15
J 37	20
J 38	30
J 39	30
J 41	15
J 42	15
J 45	15
J 47	30
J 48	30
J 52	75
J 53	45
J 54	45
J 59	Abattage

OPG : nombre d'œufs par gramme de fèces

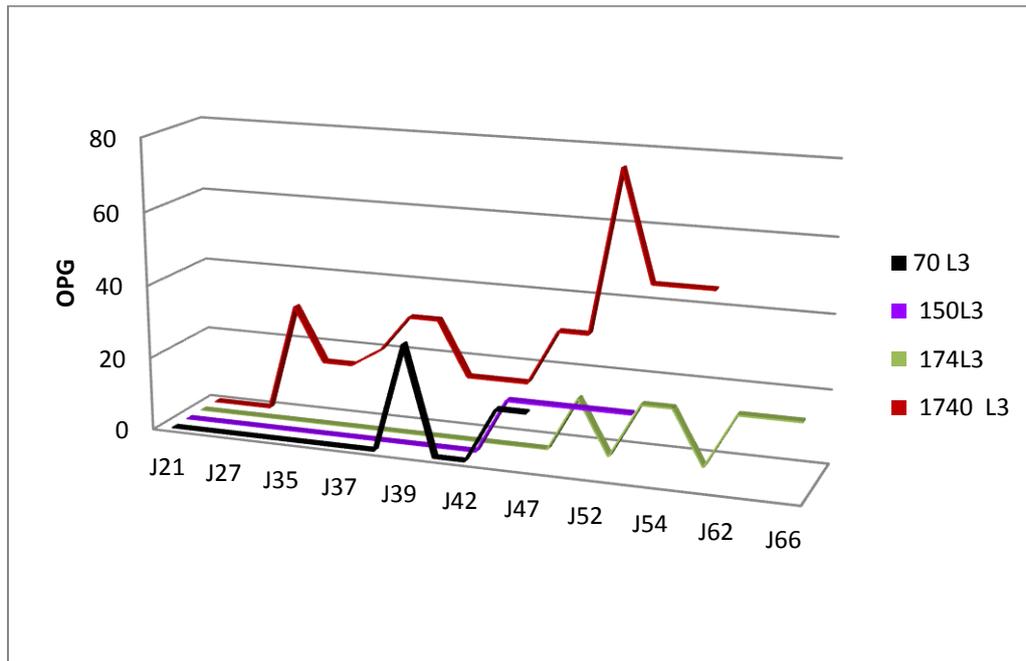


Figure 39: Cinétiques comparatives de l'excrétion des œufs de *Marshallagia marshalli* par 4 différents inoculats infestants de L3

3.2. Développement des stades parasitaires

3.2. 1. Viabilité des œufs

L'embryonnement complet de l'œuf de *Marshallagia marshalli* est observé après 24 heures. Mais les premières larves de *Marshallagia marshalli* n'apparaissent qu'au bout de 48 h avec un taux de 7,2% (tableau 33).

Tableau 33 : Taux d'éclosions des œufs de *Marshallagia marshalli* par le test d'éclosion

Durée	Taux d'éclosion- %		
	Morula+ tadpole	Œuf embryonné	L1
24 h	13,2	86,8	0
48 h	12,5	80,2	7,2
72 h	5,2	79,13	15,65

3.2.2. Développement de l'œuf au stade larve L3 à différentes conditions de température et d'humidité pondérale

Les œufs de *Marshallagia marshalli* se développent dans toutes les conditions de températures testées excepté à 30°C. Aux basses températures, le développement est intéressant en conditions humides.

Le plus grand nombre de larves a été obtenu à 23°C, et 28°C aux humidités hautes. Le minimum de développement larvaire a été observé à 4 et à 8°C à 30% d'humidité pondérale.

L'humidité pondérale à 60% a été optimale aux températures inférieures à 28°C. Au-delà de cette température, l'humidité pondérale de 70 % est plus rentable (Tableau 34 et Figures 40 et 41).

Tableau 34: Nombre de larves L3 et pourcentage des œufs évoluant en larves L3 de *Marshallagia marshalli* dans les différentes conditions de température et d'humidité

Conditions		Température				
des coprocultures	Répétition	4°C	8°C	23°C	28°C	30°C
	n					
		J1 ; J2 ; J3	J1 ; J2 ; J3	J1 ; J2 ; J3	J1 ; J2 ; J3	J1 ; J2 ; J3
HP 60%						
L3:						
n	1	16 ; 4 ; 92	116 ; 44 ; 40	51 ; 54 ; 58	44 ; 78 ; 16	0 ; 0 ; 0
	2	64 ; 62 ; 71	24 ; 9 ; 38	82 ; 122 ; 100	136 ; 128 ; 152	0 ; 0 ; 0
	3	64 ; 8 ; 52	2 ; 18 ; 3	111 ; 94 ; 126	8 ; 96 ; 74	0 ; 0 ; 0
%		32	21,8	59,1	54,2	0
HP 30%						
L3:						
n	1	3 ; 11 ; 3	2 ; 2 ; 3	2 ; 11 ; 4	27 ; 4 ; 22	0 ; 0 ; 0
	2	4 ; 8 ; 3	4 ; 10 ; 4	18 ; 8 ; 6	20 ; 8 ; 23	0 ; 0 ; 0
	3	9 ; 3 ; 3	1 ; 2 ; 3	8 ; 20 ; 6	14 ; 15 ; 22	0 ; 0 ; 0
%		3,5	2,3	6,1	11,5	0
HP 70%						
L3:						
n	1	46 ; 34 ; 36	0 ; 14 ; 11	42 ; 46 ; 70	131 ; 73 ; 93	0 ; 0 ; 0
	2	33 ; 40 ; 29	56 ; 18 ; 36	36 ; 52 ; 71	115 ; 65 ; 117	0 ; 0 ; 0
	3	26 ; 45 ; 30	18 ; 14 ; 9	86 ; 84 ; 104	119 ; 67 ; 98	0 ; 0 ; 0
%		23,2	13	43,8	65	0

HP : Humidité pondérale; n : nombre ; J1 : jour 1, J2 : jour 2, J3 : jour 3.

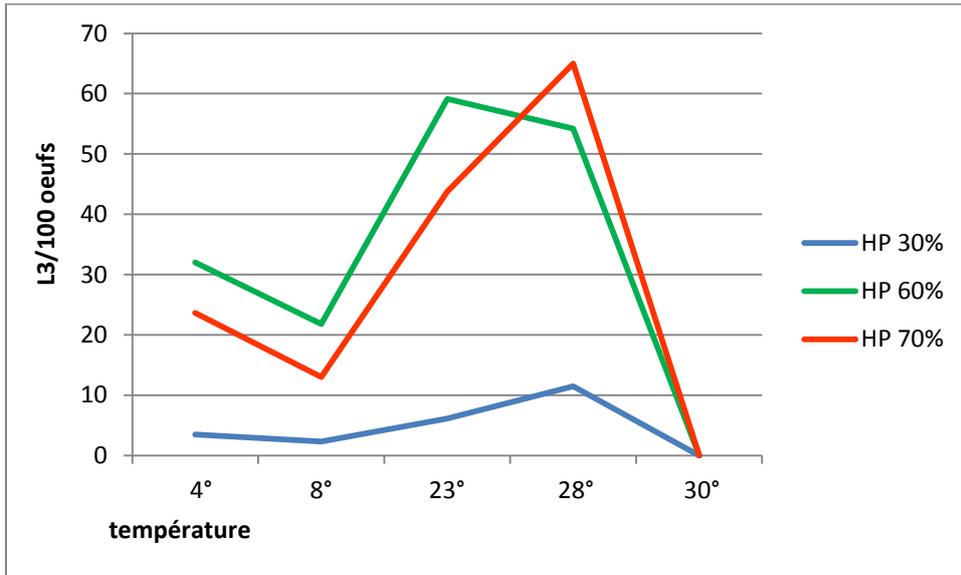


Figure 40: Développement des œufs de *Marshallagia marshalli* en L3 en fonction de la température selon trois taux humidités pondérales (HP) de 30%, 60% et 70%

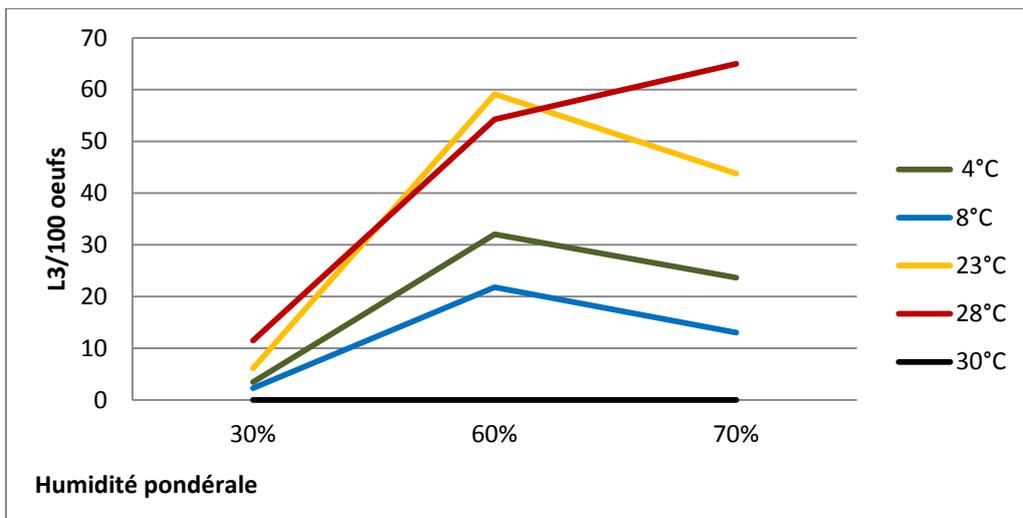


Figure 41: Développement des œufs de *Marshallagia marshalli* en L3 en fonction de l'humidité pondérale à 5 températures différentes de 4°C, 8°C, 23°C, 28°C et 30°C

3.2.3. Bilan parasitaire et taux d'installation

Le taux des femelles adultes a toujours été supérieur à celui des mâles. Une présence de L4 en grand nombre a été notée à la troisième infestation. Le taux d'installation a été variable pour les différentes infestations réalisées (Tableau 35).

Tableau 35 : Bilans parasitaires des 4 infestations expérimentales par *Marshallagia marshalli*

Bilans parasitaires	Femelles		Mâles		L4 n	Taux d'installation %
	Adulte	Juvénile	Adulte	Juvénile		
	n (%)	n	n (%)	n		
Infestation 1	8 (80)	0	2 (20)	0	0	14.3
Infestation 2	8 (67)	0	4 (33)	0	0	8
Infestation 3	30 (53)	0	27 (47)	6	50	69
Infestation 4	230 (60)	0	156 (40)	0	0	26.3

n : nombre; taux : %

4.2.4. Sensibilité des L3 à la dessiccation

Une heure après le dessèchement, seules 2 larves sur les 125 déposées restent vivantes (0,016 %). Aucune larve ne survit à une dessiccation d'une semaine ni d'un mois (tableau 36).

Tableau 36: Nombre et taux de survie des larves 3 de *Marshallagia marshalli* après dessiccation

	Nombre de L3 déposées	Nombre de L3 vivantes après :			
		1 heure	1 jour	1 semaine	1 mois
Lame 1	125	0	0	0	0
Lame 2	125	2	0	0	0
Lame 3	125	0	0	0	0
Lame 4	125	0	0	0	0
Lame 5	125	0	0	0	0
Taux de L3 vivantes (%)		0.016	0	0	0

3.2.5. Fécondité et fertilité

a. Fertilité

La longueur des femelles de *Marshallagia marshalli* oscille entre 8 et 19 mm. Elles peuvent contenir 5 à 53 œufs (tableau 37).

Tableau 37: Dimensions et fertilité de la femelle de *Marshallagia marshalli*

	Moyenne (extrêmes)
Longueur (mm)	14 (8- 19) ± 4,9
Nombre d'œufs/ femelle	27,2 (5-53) ± 10,2

b. Fécondité

La fécondité de la femelle *Marshallagia marshalli* a été de 92 œufs/ femelle/ jour (en considérant que la matière fécale (MF) récoltée a été de 600 mg / jour.

4. Discussion

La vitesse de développement des stades parasitaires de *Marshallagia marshalli* dans nos observations a été lente, nécessitant 48 heures pour l'apparition des larves de premier stade (L1) et 72 heures pour l'éclosion uniquement de 16% d'œufs. Ceci, par comparaison à *Haemonchus contortus* avec l'éclosion de 90% d'œufs en 14 à 24 heures (Veglia, 1915 rapporté par Rossanigo, 1992) ou *Teladorsagia circumcincta* avec 99% d'éclosion en 24 heures dans les travaux de Salih et Grainger, 1982 rapporté par Rossanigo, 1992 et 95% en 40 heures dans les expériences de Young et al, 1980 rapporté par O'Connor et al, 2006.

En effet, le processus d'éclosion est considéré comme la contrainte majeure dans le développement des stades non parasitaires des trichostrongylidae. Il renseigne sur la capacité des œufs à faire face à d'innombrables facteurs environnementaux qui séparent la vie libre de la vie à l'intérieur de l'hôte (Pandey et al, 1989) et sert ainsi à prédire l'abondance saisonnière des parasites dans une zone géographique donnée (Le Jambre, 1970).

Selon Crofton et Whitlock (1965 rapporté par Le Jambre, 1970) la vitesse de développement des trichostrongles est étroitement reliée à la taille de l'œuf. Les espèces dotées d'œufs plus larges nécessiteraient plus de temps pour éclore, ce qui est le cas ici de *Marshallagia marshalli* qui se distingue tout comme *Nematodirus* parmi les autres trichostrongles par la grande taille de l'œuf. La ressemblance pourrait être ainsi envisagée avec *N. battus* même si ce dernier est à considérer séparément à cause du développement de sa L3 à l'intérieur de l'œuf. Son développement est extrêmement lent nécessitant 7 semaines à 20°C (Morgana et van Dijk, 2012). La lenteur d'éclosion pourrait donc constituer entre autres une stratégie de survi pour faire face aux conditions climatiques rudes, par la protection des stades larvaires les plus vulnérables, en attendant de trouver des conditions plus adéquates permettant le développement dans le milieu extérieur (Beveridge et al, 1989).

D'ailleurs la persistance de la nématodirose dans les élevages est liée à la résistance aux hivers froids durant 1 à 2 ans des œufs sur les pâturages (Gibson, 1958).

Le taux d'installation de *Marshallagia marshalli* a été de 26% pour une dose de 1740 L3. Ce taux a été variable pour les 4 infestations réalisées et ne serait donc pas corrélé à la dose infestante. De même, Guerrero Molina (1991) dans son travail sur *H. contortus* a retrouvé des taux d'installation de 18.6, 48.4 et 42.3% correspondant à des doses infestantes respectives de 2000, 332 et 1330 L3. Gaba et al (2006) dans leurs études sur *T. circumcincta* rapportent un taux d'installation variable de 37% en moyenne en primo-infestation. Les variations des taux d'installation peuvent être expliquées par la réponse immunitaire protectrice, les facteurs liés à l'hôte et la virulence du parasite lui même (Gaba et al, 2006). Carlsson, 2012 pense que la faible installation de *Marshallagia marshalli*, reflète plutôt la régulation intrinsèque densité- dépendante de la population de ce parasite, phénomène rapporté des autres nématodes. Il est relié à la capacité nutritionnelle du parasite comme mécanisme régulateur (Michael and Bundy, 1989 rapporté par Carlsson, 2012). Ainsi, durant l'établissement ou l'installation de *Marshallagia marshalli*, la transition de la L4 à la L5 se produit plus rapidement en relation avec les faibles taux d'adultes à cycle court. Mais si le nombre de vers obéit aux règles de densité, l'augmentation du nombre des adultes va s'accompagner de surcharge en L4 dans la muqueuse de la caillette aboutissant à une hypobiose.

Ce phénomène a été confirmé dans la troisième infestation où on a observé le plus fort taux d'installation (69%) accompagné d'un nombre considérable de L4 de 44%, signifiant donc une régulation par le développement en hypobiose de *Marshallagia marshalli* au stade L4. L'hypobiose de *Marshallagia marshalli* a été rapporté chez les ovins en été par Giangaspero et al (1992) mais n'a pas été observé chez les caribous durant la saison chaude (Carlsson, 2012).

Contrairement à ce qu'on s'attendait, la larve de *Marshallagia marshalli* n'a pas montré de résistance à la dessiccation. Aucune larve n'a survécu à un dessèchement d'une semaine contrairement à des espèces comme *T. colubriformis* avec 40% de survie suivi de *T. circumcincta* avec 22% et *H. contortus* avec 2% de taux de survie (Chylinski, 2014). Ce qui conforterait encore l'hypothèse que le stade œuf serait la forme de résistance aux conditions extrêmes plutôt que les stades larvaires. D'ailleurs cette supposition a été confirmée par Carlsson et al (2013) qui ont montré

que l'œuf de *Marshallagia marshalli* chez les caribous était très résistant dans les conditions de froid et de dessiccation en Arctique.

La cinétique d'excrétion des œufs de *Marshallagia marshalli* établie par coproscopie par flottation au sulfate de zinc, solution dense de routine de la majorité des laboratoires, n'a révélé, la première excrétion d'œufs qu'à J30 au minimum après l'infestation pour les 4 infestations réalisées, suggérant une période prépatente plus longue que celle des autres Trichostrongylidae, de 21 jours en moyenne. Une étude iranienne en 2014 a toutefois avancé une durée de 21 jours, mais par une infestation moyennant une canule stomacale (Moradpour, 2014). Le nombre d'œufs excrété (OPG) a toujours été bas, ne dépassant pas le seuil moyen de 29 OPG. Ce taux est indépendant de la dose infestante car des infestations plus massives (5000 L3) n'ont pas abouti à des taux significativement plus élevés (53 OPG) (Moradpour, 2014). Ce résultat reste lié à la faible prolificité de ce parasite (Cabaret, 1983 et Meradi et al, 2011). Ce trait de vie est d'ailleurs confirmé dans nos observations de la fécondité et la fertilité de *Marshallagia marshalli* avec 92 œufs/femelle/jour comparativement à un autre Ostertaginae tel que *Teladorsagia* avec 287-329 œufs/femelle/jour (Cabaret et Ouhelli, 1984) ou à un ver prolifique comme *Haemonchus* avec 1317-2110 œufs/ femelle/jour (GuerreroMolina, 1991). Thomas, 1982 et Jacquiet et al, 2011 estiment que la fécondité dépend de nombreux facteurs comme l'espèce qui détermine le taux de production d'œufs et l'état immunitaire de l'animal qui combiné à la taille de la population parasitaire va déterminer le potentiel de production des œufs.

La taille des nématodes est un indicateur opérationnel de fécondité chez les Trichostrongylidae, elle est variable selon plusieurs facteurs environnementaux tel que la saison mais elle dépend aussi des espèces et des morphes (Leignel et Cabaret, 2001). Chez *Marshallagia marshalli*, la longueur de la femelle a été en moyenne de 14 mm et la fertilité de 27 oeufs/femelle. Nos résultats concordent avec ceux réalisés sur *Marshallagia marshalli* au Maroc par Cabaret, en 1983 avec 15,4 mm de longueur et 25,6 œufs/femelle ainsi qu'en Iran avec 10,10-15,30 mm pour la femelle (Borji et al, 2011).

Les meilleurs taux de développement de *Marshallagia marshalli* ont été obtenus aux températures optimales (23°C et 28°C°) et aux taux d'humidité (60% et 70%)

L'humidité pondérale à 60% correspond à la teneur en eau des fèces à l'émission chez les ovins au pâturage. Elle est aussi considérée comme l'optimum pour le développement des trichostrongles. Ce taux de développement optimal observé de 65% pour *Marshallagia marshalli* est remarquable. Il dépasse tous les chiffres rapportés dans des conditions similaires de développement de *T. circumcincta*, *O. leptospicularis*, *T. colubriformis*, et *O. ostertagi* réalisés par Rossanigo en 1992, qui obtient le maximum de développement de 60% avec *T. circumcincta*.

A 23°C et à 28°C, l'allure de la courbe de développement des L3 de *Marshallagia marshalli* est différente de celles d'*O. ostertagi* et d'*O. leptospicularis* mais ressemble à celle de *T. circumcincta* tout en la dépassant dans les pourcentages de larves obtenues (Rossanigo, 1992).

Marshallagia marshalli est capable de se développer aux basses températures selon différentes conditions d'humidité. Sa résistance au froid est meilleure que nombreuses espèces de trichostrongles. O'Connor et al, 2006 estiment qu'en terme de résistance au froid, vient dans un ordre décroissant : *T. circumcincta* suivi de *T. colubriformis* et enfin *H. contortus* chez qui le seuil de température requis pour le développement est de 8°C. *Marshallagia marshalli* dans nos expériences a surtout montré une capacité de développement dans des conditions froides (4°C et 8°C) aussi bien humides que sèches en concordance avec Carlsson et al, 2013 qui ont enregistré des températures d'éclosion aussi basses que 2°C. Crofton et Whitlock, 1965, rapporté par Le Jambre, 1970 rattachent ce résultat à la taille de l'œuf et pensent que plus la taille de l'œuf du trichostrongle est grande plus la température optimale à laquelle il se développe est basse.

Dans les conditions chaudes aussi bien humides que sèches le développement de *Marshallagia marshalli* a été observé ce qui renseigne de sa présence dans les milieux steppiques. Le développement est cependant mauvais dans les conditions extrêmes de chaleur et de dessiccation en dessous de 30% d'humidité et au-delà de 30°C de température.

Chapitre III.

*Caractères morphologiques de la
larve infestante de
Marshallagia marshalli parasite de
la caillette des petits ruminants*

Chapitre III. Caractères morphologiques de la larve infestante de *Marshallagia marshalli* parasite de la caillette des petits ruminants

1. Introduction

Si l'identification de *Marshallagia marshalli* est assez aisée sur les œufs émis dans les matières fécales. Elle n'est pas possible sur les larves infestantes obtenues par coproculture, car elles n'ont jamais été décrites dans la littérature.

Notre objectif est d'assurer ce diagnostic en décrivant le standard des données conventionnelles morphologiques et morphométriques de la larve infestante L3 et des œufs de *Marshallagia marsalli* dans le but d'une meilleure identification et d'une meilleure maîtrise.

2. Matériel et méthodes

2. 1. Caractéristiques morphologiques et morphométriques de l'œuf

Après extraction des œufs de *Marshallagia marshalli* à partir de fèces provenant du mouton infesté lors de la primo infestation. La longueur et la largeur de l'œuf est mesurée au micromètre étalonné sur un microscope optique à l'objectif (X10). Ces mesures sont réalisées sur une centaine d'œufs.

2.2. Caractéristiques morphologiques et morphométriques de la larve infestante (L3)

Les larves au stade infestant (L3) ont une morphologie générale semblable chez tous les strongles digestifs. A la différence des larves de stade 1 (L1) et de stade 2 (L2), leur œsophage est strongyloïde, renferment des cellules intestinales et sont entourées d'une double gaine visible au niveau de la queue. On distingue un pore excréteur antérieur et un orifice anal postérieur.

Les différences entre les espèces concernent la forme de la tête, le nombre et la forme des cellules intestinales et se rapportent aussi à plusieurs différences morphométriques. Tous ces paramètres, au nombre de 5 ont été considérés dans nos

observations : la longueur totale, la longueur de la portion distale, les distances entre l'anus et la queue de la gaine et entre la bouche et le pore excréteur ainsi que la longueur de l'œsophage (Van Wyk et al, 2004) (figure 42).

Ces mesures ont été réalisées sur 2 groupes de larves : 77 L3 obtenues en Algérie et 50 L3 issues des coprocultures de l'agneau en primo infestation utilisé pour les tests écologiques

Les larves récoltées ont été fixées par une solution iodo-iodurée et mesurées au microscope optique à l'objectif (X10).

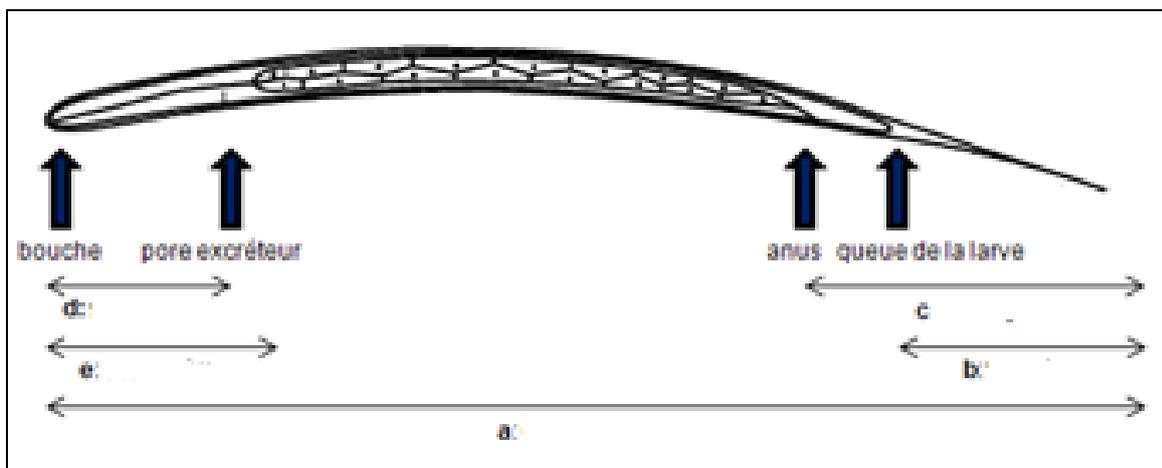


Figure 42: Protocole de la morphométrie de la larve infestante (L3) de *Marshallagia marshalli*

(a) longueur totale, (b) portion distale, (c) anus–queue de la gaine; (d) bouche-pore excréteur, (e) œsophage (Borgsteede et Hendriks, 1974).

3. Résultats

3.1. Caractéristiques morphologiques et morphométriques de l'œuf de *Marshallagia marshalli*

L'œuf de *Marshallagia marshalli* est à coque mince, contenant une morula concentrée avec de très nombreux blastomères. Les bords sont souvent parallèles et présente parfois un décollement très caractéristique de l'enveloppe de la coque.

Sa longueur est comprise entre 158 μ à 198 μ et sa largeur varie entre 69 μ à 79 μ , observées sur les mesures de 100 œufs (Figure 43 et Annexe 3).

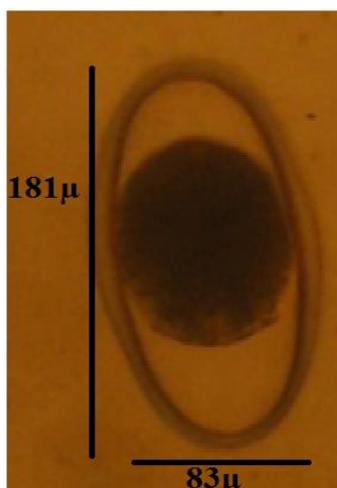


Figure 43 : Photographie de l'œuf de *Marshallagia marshalli*

La larve 3 de *Marshallagia marshalli* présente, une extrémité antérieure ronde et 16 cellules intestinales de forme triangulaire avec une cellule terminale.

La taille de la larve est petite variant entre 600 µ et 690 µ. Sa portion distale est très courte oscillant entre 15 µ et 29 µ (Tableau 39, Figure 44 et Annexe 4).

Tableau 38: Morphométrie de la larve 3 de *Marshallagia marshalli* développée en conditions optimales.

	Moyenne (extrêmes) µ
Portion distale	22 (15-29)
Anus-queue	71 (51-71)
Œsophage	167 (147-174)
Pore exc-cb	110 (98-120)
Longueur totale	654 (600-690)

Pore exc-cb: distance entre le pore excréteur et la cavité buccale



Figure 44 : Photographie personnelle de la larve de stade 3 de *Marshallagia marshalli*

4. Discussion

Lors des études ante-mortem de l'épidémiologie des strongyloses gastro-intestinales des herbivores, les œufs de strongles émis dans les fèces des animaux infestés ne sont pas tous discernables entre eux à la coproscopie. La coproculture est alors pratiquée comme alternative et l'examen des L3 (larve de 3e stade, forme infestante) obtenues, permet un diagnostic des principaux genres des parasites présents. Cette condition permet l'évaluation de l'importance de l'infestation ou aussi de l'efficacité d'un traitement anthelminthique (Lichtenfels et al, 1997). Aussi, la description des stades larvaires et la connaissance de leurs particularités morphologiques est très utile pour les analyses phylogénétiques qui aident à mieux cerner le domaine des parasites et leur évolution (Lichtenfels et al, 1997).

De nombreuses approches morphométriques pour l'identification des L3 ont été décrites dans la littérature (Dikmans et Andrews, 1933; Gevrey, 1969; Thomas et Probert, 1993; Lichtenfels et al, 1997; VanWik et al, 2004) comme la longueur, totale (Dikmans et Andrews, 1933), la longueur de l'œsophage, la distance entre le pore excréteur et la bouche, celle entre l'orifice anal à la queue, la longueur de la queue (Borgsteed et Hendriks, 1974), du filament caudal (VanWik et Mayhew, 2013). Aussi des traits morphologiques sont considérés comme, la forme de la tête, le nombre et l'aspect des cellules (Dikmans et Andrews, 1933; VanWik, 1977), le nombre de cellules terminales, le nombre des tubercules de l'extrémité caudale (McMurtry et al, 2000) etc. Seulement, il existe des chevauchements considérables dans les caractères morphologiques des genres et des espèces de chaque parasite ce qui augmente la difficulté d'une identification précise (Roeber et Kahn, 2014). En plus de l'existence de grandes variabilités morphométriques des L3 au sein de la même espèce, liées notamment aux conditions climatiques différentes dans lesquelles se sont développées les larves. Rossanigo et Gruner (1996), affirment que les L3 sont plus longues en condition de développement à température optimale et que leur longueur augmente avec le taux d'humidité des fèces. Ainsi, les rapports morphométriques des différentes parties des larves mesurées, sont privilégiés aux valeurs des mesures elles mêmes.

Aussi, l'étalonnage des micromètres aux microscopes servant aux mesures de ces larves n'est pas souvent réalisé dans les laboratoires ce qui pourrait avoir une part dans la grande variabilité des mesures rapportées pour le même parasite.

Ainsi, VanWik et al (2004) ont développé une approche simplifiée pour l'identification des L3 basée principalement sur la longueur de la portion distale, qui est la distance entre la queue de la larve et la queue de la gaine en comparaison avec une référence minimale de base dénommée X, celle de *Trichostrongylus sp.* qui mesure en moyenne 33 μm . Cette méthode est associée aux critères spécifiques pour certains parasites comme l'inflexion « épaule » sur l'extrémité crâniale pour la larve de *Teladorsagia* (Lancaster et Hong, 1987 rapportés par Roeber et Kahn, 2014), trait morphologique cependant assez subtile pour les observateurs peu habitués. La longueur du filament de la queue de la gaine et le nombre de cellules intestinales (20 ou 32) (Monnig, 1931 cité par Roeber et Kahn, 2014) permet de différencier les L3 d'*Oesophagostomum* et de celles de *Chabertia ovina* sauf que ce critère ne fonctionne que pour des larves fraîchement écloses (VanWik et al, 2004). En 2013, VanWik et Mayhew publient un complément de leur approche en incluant les proportions du filament de cette portion distale. Des marqueurs moléculaires et l'utilisation de la PCR sont aussi développés pour l'identification des parasites au stade œuf ou aux différents stades larvaires avec une bonne fiabilité (Bisset et al, 2014).

Comme pour *Nematodirus*, les oeufs de *Marshallagia marshalli*, sont facilement reconnaissables (Lichtenfels et Hoberg, 1993; Chitwood, 1937; Soulsby, 1968 et Lévine, 1978) par l'aspect et la grande taille, confirmée dans nos résultats variant entre 158 et 198 μm de longueur sur 69 et 79 μm pour la largeur. Seulement la description de la L3 de *Marshallagia marshalli* est absente dans les clés (Dikmans et Andrews, 1933; Thomas et Probert, 1993; Lichtenfels et al, 1997; VanWik et al, 2004) proposées pour l'identification des larves 3 obtenues par coprocultures.

Nos observations sont les premières et rapportent deux spécificités intéressantes qui permettent de différencier facilement les larves de *Marshallagia marshalli*, des larves à portion distale courte les plus fréquentes chez les ovins, à savoir *Trichostrongylus* et *Teladorsagia*. Nos résultats montrent pour la L3 de *Marshallagia marshalli* une longueur totale petite située entre 600 et 690 μm et

surtout une portion distale très courte de 15 et 29 μm inférieure à celle de *Trichostrongylus*, référence X de base dans les clés de VanWik et al, 2004 et VanWik et Mayhew, 2013.

Ainsi on peut distinguer la larve 3 de *Marshallagia marshalli* de celle de *Teladorsagia*, par une longueur totale plus petite et l'absence de l'inflexion « épaule » sur l'extrémité antérieure. Sa distinction de celle de *Trichostrongylus* se basera sur une portion distale encore plus courte et sur une queue ronde observée seulement chez *Marshallagia marshalli*.

Ainsi, les clés de diagnose des larves 3 doivent être certainement revues dans les zones où *Marshallagia marshalli* est présent.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a abouti en premier lieu à l'identification précise de la faune parasitaire gastrique chez les ovins et à l'étude de sa dynamique dans les principaux étages bioclimatiques algériens.

La faune était peu abondante et composée principalement de *Teladorsagia circumcincta*, *Marshallagia marshalli* et *Trichostrongylus sp.* Le pourcentage élevé de *M. marshalli* est typique de la steppe et son impact serait probable. *Ostertagia ostertagi* et *Haemonchus contortus* étaient présents en faible nombre. Il est déjà clair que l'infestation parasitaire des moutons algériens est loin d'être massive voire alarmante ne justifiant en aucun cas l'acharnement de la lutte anthelminthique constaté localement sur le terrain.

Du point de vue climatique, la saisonnalité des assemblages était différente entre les deux principaux sous-climats (subhumide et semi-aride). La dynamique conséquente observée nous oriente vers l'établissement d'un « calendrier » des traitements stratégiques dans lequel seront pris en considération les domaines climatiques les plus distincts et les périodes à haut risque parasitaire observées : en automne et début d'hiver pour *M. marshalli*, en hiver (janvier-février) pour *Trichostrongylus sp.* puis au printemps pour *T. circumcincta* (avril-mai) dans le domaine subhumide. A la fin de l'automne pour *M. marshalli* dans le domaine semi-aride.

Ce constat éclaire aussi sur la situation locale de *Marshallagia marshalli*, il est en Algérie un parasite emblématique des zones steppiques comme observé à large échelle mondiale tandis que sa diffusion locale dans le subhumide renseigne aussi sur ses capacités à s'adapter dans des zones différentes de son berceau écologique.

Les précipitations ont été la variable climatique la plus importante liée aux principales espèces. Cette relation n'a pas été linéaire pour *M. marshalli* ce qui est encore un indicatif d'adaptation, mais une pluviométrie optimale a été détectée (350-400 mm / an). Les indicateurs climatiques plus complexes utilisés dans l'étude n'ont pas démontré une corrélation plus importante que la pluviométrie. La valeur prédictive des précipitations sur l'abondance ou la proportion d'espèces dans l'assemblage était modeste mais très significative.

La présence et la distribution de *Marshallagia marshalli* sont liées aux particularités écologiques que nous avons observées : une période prépatente plus longue, un maximum de développement dans les conditions optimales avec des limites qui s'étendent à des températures aussi basses que 4°C. Ce qui expliquerait en partie sa large distribution dans les milieux steppiques. Aussi et contrairement à nos attentes, sa larve infestante ne s'est pas avérée résistante à la dessiccation ce qui laisse supposer que c'est plutôt le stade œuf qui serait doté de cette aptitude au vu de sa grande taille et de sa lente éclosion observée. L'investigation dans ce sens apporterait sûrement un complément sur les connaissances écologiques de ce parasite. Nos résultats restent préliminaires et mériteraient d'être reconduits en assurant des conditions de répétabilité plus grandes.

Enfin la dernière approche sur ce parasite dans ce travail était morphologique par la description notamment de sa forme larvaire infestante jamais décrite. Celle-ci se distingue de celle de *Trichostrongylus* par une queue ronde et une portion distale encore plus courte. Les clés de diagnose des larves doivent être revues dans les zones où *Marshallagia marshalli* est présent.

Références bibliographiques

1. **Allout, I. , 2013.** Etude de la biodiversité floristique de la zone humide de Boukhmira Sidi Salem – El Bouni –Annaba. Algérie. Magister en Biologie, 214 p.
2. **Armour, J. , 1980.** The epidemiology of helminth disease in farm animals. *Veterinary Parasitology* 6, 7-46.
3. **Arneberg, P. , Skorpung, A. , Grenfell, B. , Andrew, A. F. , 1998.** Densities as determinants of abundance in parasite communities. *Proceedings of the Royal Society of London* 265, 1283-1289.
4. **Baermann, G. , 1917.** Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. *Geneesk. Tijdschr. Nederl. Indie* 57, 131-137.
5. **Barger, I. A. , 1987.** Population regulation in trichostrongylids of ruminants. *International Journal for Parasitology* 17, 531-540.
6. **Barger, I. A. , Le Jambre, L. F. , 1988.** Regulation of *Haemonchus contortus* populations in sheep: Mortality of established worms. *International Journal for Parasitology* 18, 269-273.
7. **Barger, I. , 1999.** The role of epidemiological knowledge and grazing management for helminth control in small ruminants. *International Journal for Parasitology* 29, 41-47.
8. **Barger, I. A. , Southcott, W. H. , 1975.** Control of nematode parasites by grazing management. Decontamination of cattle pastures by grazing with sheep. *International Journal for Parasitology* 5, 39-44.
9. **Bazri, K. , 2015.** Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est algérien. Thèse de doctorat en sciences, aménagement des milieux naturels. Université Constantine1. Algérie. 169 p.
10. **Belem, A. M. G. , Nikiema, Z. L. , Sawadogo, L. , Dorchies, P. , 2000.** Parasites gastro-intestinaux des moutons et risques d'infestation parasitaire des pâturages en saison pluvieuse dans la région centrale du Burkina Faso. *Revue de Médecine Vétérinaire* 151, 5, 437-442.

11. **Belouahem, D. , 2012.** Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El Taref (Nord-Est algérien). Doctorat d'Etat en Ecologie et Environnement. Université Badji Mokhtar, Annaba. Algérie.320 p.
12. **Benidir, M. , Ghozlane, F. , Yakhlef, H. , 2008.** La sédentarisation et le développement durable de l'élevage ovin dans la steppe algérienne. in Colloque international « Développement durable des productions animales: enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20-21 avril.
13. **Bentounsi, B. , Mecif, A. , Kohil, K. , 2001.** Evolution du parasitisme ovin sur un élevage de la région du Khroub. Approche par les méthodes coproscopiques. Sciences & Technologie 16, 51-54.
14. **Bentounsi, B. , Zouiouech, H. , Benchikh-Elfegoun, C. , Kohil, K. , Cabaret, J. , 2003.** Efficacité comparée des spécialités d'albendazole distribuées en Algérie. Revue de Médecine Vétérinaire 154, 10, 649-652.
15. **Bentounsi, B. , Trad, R. , Gaous, N. Kohil, K. , Cabaret, J. , 2006.** Gastrointestinal nematode resistance to benzimidazoles on a sheep farm in Algeria. Veterinary Record 158, 634-635.
16. **Bentounsi, B. , Attir, B. , Meradi, S. , Cabaret, J. , 2007.** Repeated treatment faecal egg counts to identify gastrointestinal nematode resistance in a context of low-level infection of sheep on farms in eastern Algeria. Veterinary Parasitology 144, 104-110.
17. **Bentounsi, B. , Maatallah, F. , 2008.** Variations saisonnières de l'excrétion des œufs de strongles par les chevaux en zone subhumide d'Algérie. Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux 60 (2).
18. **Bentounsi, B. , Khaznadar, A. , Cabaret, J. , 2012(a).** Resistance of Trichostrongylus spp. (Nematoda) to benzimidazole in Algerian cattle herds grazed with sheep. Parasitology Research 110, 1021-1023.
19. **Bentounsi, B. , Meradi, S. , Cabaret, J. , 2012 (b).** Towards finding effective indicators (diarrhoea and anaemia scores and weight gains) for the implementation of targeted selective treatment against the gastro-intestinal nematodes in lambs in a steppic environment. Veterinary Parasitology 187, 275-279.

20. **Bergstrom, R. C. , 1975.** Prévalence of *Marshallagia marshalli* (Orlov 1933), in wild ruminants in Wyoming. Proceedings of the Oklahoma Academy of Science 55, 101-102.
21. **Beveridge, I. , Pullman, A. L. , Martin, R. R. , Barelds, A. , 1989.** Effects of temperature and relative humidity on development and survival of the free-living stages of *Trichostrongylus colubriformis*, *T. rugatus* and *T. vitrinus*. Veterinary Parasitology 33, 143-153.
22. **Bisset, S. A. , Knight, J. S. , Bouchet, C. L. G. , 2014.** A multiplex PCR-based method to identify strongylid parasite larvae recovered from ovine faecal cultures and/or pasture samples. Veterinary Parasitology 200, 117-127.
23. **Borgsteede, F. H. M. , Hendriks, J. , 1974.** Identification of infective larvae of gastrointestinal nematodes in cattle, Tijdschrift Diergeneeskunde 99, 103-113.
24. **Borji, H. , Raji, A. R. , Naghibi A. G. , 2011.** The comparative morphology of *Marshallagia marshalli* and *Ostertagia occidentalis* (Nematoda: Strongylida, Trichostrongylidae) by scanning electron microscopy. Parasitology Research 108, 1391-1395.
25. **Boudjedjou, L. , 2010.** Etude de la flore adventice des cultures de la région de Jijel. Magister en Biologie et Physiologie Végétale, Université Ferhat Abbas. Sétif. Algérie. 155 p.
26. **Boukhaboul, A. , Moulaye, K. , 2006.** Parasitisme interne du mouton de race Ouled Djellal en zone semi-aride d'Algérie. Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux 59, 23-29.
27. **Bush, A. O. , Lafferty, K. D. , Lotz J. M. , Shostak A. W. , 1997.** Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis et al. Revisited. The Journal of Parasitology. 83, 575-583.
28. **Cabaret, J. , 1983.** Caractéristiques des populations de *Ostartagia sp.* chez les ovins naturellement infestés de la région de Moulay-Bouazza (Maroc). Annals Parasitology 58, 4, 377-382.

29. **Cabaret, J. , 1984.** Seasonal changes in the abomasal nematodes of naturally infected ewes in Moulay-Bouazza (Morocco). *Veterinary Parasitology* 15, 47-56.
30. **Cabaret, J. , Ouhelli, H. , 1984.** Fertility of parasitic strongyles in the digestive system of sheep under natural conditions. *Revue de Médecine Vétérinaire* 135, 627-633.
31. **Cabaret, J. , Hoste, H. , 1998.** Comparative analysis of two methods used to show interspecific associations in naturally acquired parasite nematode communities from the abomasum of ewes. *Veterinary Parasitology* 76, 275-285.
32. **Cabaret, J. , Mage, C. , Bouilhol, M. , 2002.** Helminth intensity and diversity in organic meat sheep farms in centre of France. *Veterinary Parasitology* 105, 33-47.
33. **Cabaret, J. , Chylinski, C. , Meradi, S. , Laignel, G. , Nicourt, C. , Bentounsi, B. , Benoit, M. , 2015.** The trade-off between farmers' autonomy and the control of parasitic gastro-intestinal nematodes of sheep in conventional and organic farms. *Livestock Science* 181, 108-113.
34. **Callinan, A. P. L. , 1978.** The ecology of the free-living stages of *Trichostrongylus axei*. *International Journal for Parasitology* 8, 453-456.
35. **Callinan, A. P. L. , 1979.** The ecology of the free-living stages of *Trichostrongylus vitrinus*. *International Journal for Parasitology* 9, 133-136.
36. **Callinan, A. P. L. , Arundel, J.H. , 1982.** Population dynamics of the parasitic stages of *Ostertagia spp.* in sheep. *International Journal for Parasitology* 12, 531-535.
37. **Callinan, A. P. L. , Morley, F. H. W. , Arundel, J. H. , White, D. H. , 1982.** A model of the life cycle of sheep nematodes and the epidemiology of nematodiasis in sheep. *Agricultural Systems* 9, 199-225.
38. **Callinan, A. P. L. , Westcott, J. M. , 1986.** Vertical distribution of trichostrongylid larvae on herbage and in soil. *International Journal for Parasitology* 16, 241-244.
39. **Capitini, L. A. , McClure, K. E. , Herd, R. P. , 1990.** Effect of environmental stimuli on pre-infective and infective stages of *Haemonchus contortus* in the Northern United States for the induction of hypobiosis. *Veterinary Parasitology* 35, 281-293.

40. **Carlsson, A. M. , Justin Irvine, R. , Wilson, K. , Piertney, S. B. , Halvorsen, O. , Coulson, S. J. , Stien, A. , Albon, S. D. , 2012.** Disease transmission in an extreme environment: Nematode parasites infect reindeer during the Arctic winter. *International Journal for Parasitology* 42, 789-795.
41. **Carlsson, A. M. , Irvine, R. J. , Wilson, K. , Coulson, S. J. , 2013.** Adaptations to the Arctic: low-temperature development and cold tolerance in the free-living stages of a parasitic nematode from Svalbard. *Polar Biology* 36, 997-1005.
42. **Cengiz, Z. T. , Deger M .S. , 2009.** Sheep trichostrongylidosis in Van province. *Türkiye Parazitoloji Dergisi* 33, 222-226.
43. **Cerbo, A. R. D. , Manfredi, M. T. , Zanzani, S. , Stradiotto, K. , 2010.** Gastrointestinal infection in goat farms in Lombardy (Northern Italy): Analysis on community and spatial distribution of parasites. *Small Ruminant Research* 88, 102-112.
44. **Chitwood, B. G. , 1937.** An introduction to nematology. Baltimore, Md., Monumental printing co. 92 p. Volume sec.1, 3.
45. **Chylinsky, C. , 2014.** Qu'es ce qui fait le succès des nématodes gastro-intestinaux chez leur hôte ? Étude du rôle des nématodes, des moutons et des éleveurs. Thèse de doctorat en sciences de la vie et de la santé. Université François Rabelais de Tours.France.377 p
46. **Colvin, A. F. , Walkden-Brown, S. W. , Knox, M. R. , 2012.** Role of host and environment in mediating reduced gastrointestinal nematode infections in sheep due to intensive rotational grazing. *Veterinary Parasitology* 184, 180-192.
47. **Combes, C. , Renaud, F. , Le Brun, N. , 1991.** Systématique et écologie: le point de vue d'un parasitologiste. *Biosystema* 6, J.-P. Hugot Edition., SFS.
48. **Combes, C. , 1995.** Interactions durables. Ecologie et évolution du parasitisme. Editions Masson. Paris. 508 p.
49. **Cornell, S. , 2005.** Modelling nematode populations: 20 years of progress. *Trends in Parasitology* 21, 542-545.
50. **Côte, M. , 1998.** Les régions bioclimatiques de l'est algérien, revue RHUMEL I. S. T., Université de Constantine. Algérie. 6, 57-69.

51. **Courtney, C. H. , Parker, C. F. , McClure, K. E. , Herd, R. P. , 1983.** Population dynamics of *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus spp.* in sheep. International Journal for Parasitology 13, 557-560.
52. **Dakkak, A. , Ouhelli, H. , 1987.** Helminthes et helminthoses du dromadaire. Revue bibliographique. Revue Sciences et Technologie 6 (2), 423-445.
53. **Dallas, J.F. , Irvine, R. J. , Halvorsen, O. , 2001.** DNA evidence that *Marshallagia marshalli* Ransom, 1907 and *M. occidentalis* Ransom, 1907 (Nematoda: Ostertagiinae) from Svalbard reindeer are conspecific. Systematic Parasitology 51:101–103.
54. **De Chaneet, G .C. , Dunsmore, J. D. , 1988.** Climate and the distribution of intestinal *Trichostrongylus spp.* of Sheep. Veterinary Parasitology 26, 273-283.
55. **Diez-Baños, N. , Cabaret, J. , Diez-Baños, P. , 1992.** Interspecific interactions in naturally acquired nematode communities from sheep abomasum in relation to age of host and season in four areas of Leon (Spain). International Journal for Parasitology 22, 327-334.
56. **Dikmans, G. , 1932.** *Ostertagia marshalli* from the mountain sheep, *Ovis canadensis*; *Ostertagia marshalli* and *Ostertagia occidentalis* from a deer, probably *Odocoileus hemionus hemionus*, both from Yellowstone National Park. Journal of Parasitic diseases 19, 83.
57. **Dikmans, G. , Andrews, J. S. , 1933.** A comparative morphological study of the infective larvae of the common nematodes parasitic in the alimentary tract of sheep. Transactions of the American Microscopical Society 52, 1–25 .
58. **Djellouli, Y. , 1990.** Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse de doctorat sciences, USTHB, Alger.Algérie.
59. **Donald, A. D. , Waller, P. J. , 1973.** Gastro-intestinal nematode parasite populations in ewes and lambs and the origin and time course of infective larval availability in pastures. International Journal for Parasitology 3, 219-233.

60. **Dorny, P. , Batubara, A. , Iskander, M. , Pandey, V. S. , 1996.** Helminth infections of sheep in North Sumatra, Indonesia. *Veterinary Parasitology* 61, 353-358.
61. **Drozd, J. , 1995.** Polymorphism in the Ostertagiinae Lopez-Neyra, 1947 and comments on the systematic of these nematodes. *Systematic Parasitology* 32, 91-99.
62. **Durette-Desset, M. C. , 1982.** Sur les divisions génériques des Nématodes Ostertagiinae. *Annales de Parasitologie T.* 57, 4, 375-381.
63. **Durette-Desset, M. C. , 1985.** Trichostrongyloid Nematodes and their Vertebrate Hosts: Reconstruction of the Phylogeny of a Parasitic Group1. In: Baker, J.R., Muller, R. (Eds.), *Advances in Parasitology*, Vol. 24, Academic Press, 239-306.
64. **El-Azazy, O. M. E. , 1995.** Seasonal changes and inhibited development of the abomasal nematodes of sheep and goats in Saudi Arabia. *Veterinary Parasitology* 58, 91-98.
65. **Eslami, A. , Meydani, M. , Maleki, S. , Zargarzadeh, A. , 1979.** Gastrointestinal nematodes of wild sheep (*Ovis orientalis*) from Iran. *Journal of Wildlife Diseases* 15, 263-265.
66. **Euzéby, J. , 2008.** Grand dictionnaire illustré de parasitologie médicale et vétérinaire. Lavoisier, 832 p.
67. **Farah, A. K. , 2013.** Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien Magistère en écologie et environnement, Université Constantine. Algérie. 127 p.
68. **Fiel, C. A. , Fernández, A. S. , Rodríguez, E. M. , Fusé, L. A. , Steffan, P. E. , 2012.** Observations on the free-living stages of cattle gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology* 187, 217-226.
69. **Fox, M. T. , 1997.** Pathophysiology of infection with gastrointestinal nematodes in domestic ruminants: recent developments. *Veterinary Parasitology* 72, 285-308.
70. **Gaba, S. , Gruner, L. , Cabaret, J. , 2006.** The establishment rate of a sheep nematode: Revisiting classics using a meta-analysis of 87 experiments. *Veterinary Parasitology* 140, 302-311.

71. **Garedaghi, Y. , Hashemzadefarhang, H. , Fattahi, A. , 2013.** Prevalence of abomasal nematodes in sheep slaughtered at Baneh town. American Journal of Animal and Veterinary Sciences 8 (3), 142-145.
72. **Gasnier, N. , 1994.** Isolement du nématode *Teladorsagia circumcincta* au sein des fermes caprines influence sur la variabilité morphologique, écologique et génétique. Thèse de doctorat en sciences biologiques et fondamentales appliquées. Université de Tours, France.138 p.
73. **Gevrey, J. , 1969.** Étude du peuplement d'une prairie naturelle par les larves infestantes de «strongles» parasites du tractus digestif des ovins. I. Evolution des populations larvaires. Recherches Vétérinaires (3), 93-129.
74. **Giangaspero, M. , Bahhady, F. A. , Orita, G. , Gruner, L. , 1992.** Summer-arrested development of abomasal trichostrongylids in Awassi sheep in semi-arid areas of North-West Syria. Parasitology Research 78, 594-597.
75. **Gibson, T. E. , 1958.** The development and survival of the pre-parasitic stages of *Nematodirus spp.* on pasture herbage. Journal of Comparative Pathology and Therapeutics 68, 338-344.
76. **Gibson, T. E. , Everett, G. , 1975.** *Ostertagia circumcincta* infection in lambs originating from larvae which survived the winter. Veterinary Parasitology 1, 77-83.
77. **Gruner, L. , Cabaret, J. , 1985.** Current methods for estimating parasite populations: Potential and limits to control gastrointestinal and pulmonary strongyles of sheep on pasture. Livestock Production Science 13, 53-70.
78. **Gruner, L. , Suryahadi, S. , 1993.** Irrigation, faecal water content and development rate of free-living stages of sheep trichostrongyles. Veterinary Research, BioMed Central. 24 (4), 327- 334.
79. **Gruner, L. , Mandonnet, N. , Bouix, J. , Khang, J. V. T. , Cabaret, J. , Hoste, H. , Kerboeuf, D. , Barnouin, J. , 1994.** Worm population characteristics and pathological changes in lambs after a single or trickle infection with *Teladorsagia circumcincta*. International Journal for Parasitology 24, 347-356.

80. **Guerrero Molina, C. , 1991.** Etude écologique et morphologique de trios lignées monomorphiques d'*Haemonchus contortus*, nématode parasite des ruminants. Diplôme d'études approfondies de parasitologie. Mémoire de stage (INRA, Nouzilly). Université des sciences et techniques du Languedoc. Montpellier II, France. 30 p.
81. **Halvorsen, O. , Bye, K. , 1999.** Parasites, biodiversity, and population dynamics in an ecosystem in the high arctic. *Veterinary Parasitology* 84, 205-227.
82. **Herd, R. P. , 1988.** Control strategies for ostertagiasis. *Veterinary Parasitology* 27, 111-123.
83. **Hoberg, E. P. , Kocan, A. A. , Rickard, L. G. , 2001.** Gastrointestinal strongyles in wild ruminants. *Parasitic diseases of wild mammals*. Iowa State University Press, Ames. 193–227.
84. **Holmes, J. C. , 1987.** The structure of helminth communities. *International Journal for Parasitology* 17, 203-208.
85. **Hoste, H. , Cabaret, J. , 1992.** Intergeneric relations between nematodes of the digestive tract in lambs: A multivariate approach. *International Journal for Parasitology* 22, 173-179.
86. **IBM SPSS. , 2010.** Statistics 19 Core system User's guide. 2010.
87. **Jackson, F. , Jackson, E. , Coop, R. L. , Huntley, J. , 1992.** Interactions between *Teladorsagia circumcincta* and *Trichostrongylus vitrinus* infections in young lambs. *Research in Veterinary Science* 53, 363-370.
88. **Jacquiet, P. , Barillet, F. , Bouix, J. , Francois, D. , Moreno, C. , Terefe, G. , 2009.** La résistance génétique des ovins aux strongles gastro-intestinaux. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, Tome 162 , 1.
89. **Kenyon, F. , Sargison, N. D. , Skuce, P. J. , Jackson, F. , 2009.** Sheep helminth parasitic disease in south eastern Scotland arising as a possible consequence of climate change. *Veterinary Parasitology* 163, 293-297.

90. **Kerboeuf, D. , Hubert, J. , 1990.** Efficacité comparée des familles d'anthelminthiques vis-à-vis de strongles résistants aux benzimidazoles. Recueil de Médecine Vétérinaire 166, 771- 775.
91. **Köppen, W. , 1900.** Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. – Geogr. Zeitschr 6, 593–611, 657–679.
92. **Kulisc, Z. , Aleksic, N. , Dordevic, M. , Gajic, B. , Tambur, Z. , Stevanovic, J. , Stanimirovic, Z. , 2013.** Prevalence and intensity of infection with gastrointestinal nematodes in sheep in Eastern Serbia. Acta Veterinaria-Belgrad 63, 429-436.
93. **Kutz, S. J. , Ducrocq, J. , Verocai, G. G. , Hoar, B. M. , Colwell, D. D. , Beckmen, K. B. , Polley, L. , Elkin, B. T. , Hoberg, E. P. , 2012.** Chapter 2 - Parasites in Ungulates of Arctic North America and Greenland: A View of Contemporary Diversity, Ecology, and Impact in a World Under Change. In: Rollinson, D., Hay, S.I. (Eds.), Advances in Parasitology Vol. 79, Academic Press, 99-252.
94. **Le Jambre, L. F. , Ractliffe, L. H. , Whitlock, J. H. , Crofton, H. D. , 1970.** Polymorphism and Egg-Size in the Sheep Nematode, *Haemonchus contortus*. Evolution 24, 625-631.
95. **Leathwick, D. M. , 2013.** Managing anthelmintic resistance – Parasite fitness, drug use strategy and the potential for reversion towards susceptibility. Veterinary Parasitology 198, 145-153.
96. **Lefèvre, P. C. , 2010.** Infectious and Parasitic Diseases of Livestock. Volume2. Lavoisier. 1985 p.
97. **Legendre, P. , Legendre, L. , 1998.** Numerical ecology. Development in environmental modelling 20. Elsevier. Amsterdam, Pays Bas.853 p.
98. **Leignel, J. , Cabaret, J. , 2001.** Massive use of chemotherapy influences life traits of parasitic nematodes in domestic ruminants. Functional Ecology 15, 5, 569-574.
99. **Levine, N. D. , 1978.** Text Book of Veterinary Parasitology. Minneapolis.Minnesota, Burgess Publishing Company.

100. **Levine, N. D. , 1980.** Weather and the ecology of bursate nematodes. *International Journal of Biometeorology* 24, 341-346.
101. **Lichtenfels, J. R. , Pilitt, P. A. , Lancaster, M. B. , 1988.** Systematics of the nematodes that cause ostertagiasis in cattle, sheep and goats in North America. *Veterinary Parasitology* 27, 3-12.
102. **Lichtenfels, J. R. , Pilitt, P. A. , 1989.** Cuticular ridge patterns of *Marshallagia marshalli* and *Ostertagia occidentalis* (Nematoda: Trichostrongyloidea) parasitic in ruminants of North America. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 56, 173–182.
103. **Lichtenfels, J. R. , Hoberg, E. P. , 1993.** The systematics of nematodes that cause ostertagiasis in domestic and wild ruminants in North America: an update and a key to species. *Veterinary Parasitology* 46, 33-53.
104. **Lichtenfels, J. R. , Hoberg, E. P. , Zarlenga, D. S. , 1997.** Systematics of gastrointestinal nematodes of domestic ruminants: advances between 1992 and 1995 and proposals for future research. *Veterinary Parasitology* 72, 225-245.
105. **Manfredi, M. T. , 2006.** Biology of gastrointestinal nematodes of ruminants. *Parasitologia* 48(3), 397-401.
106. **Margolis, L. , Esch, G .W. , Holmes, J. C. , Kuris, A. M. , Schad, G. A. , 1982.** The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68, 131-133.
107. **McMurtry, L. W. , Donaghy, M. J. , Vlassoff, A. , Douch, P. G. C. , 2000.** Distinguishing morphological features of the third larval stage of ovine *Trichostrongylus* spp. *Veterinary Parasitology* 90, 73-81.
108. **Meradi, S. , Bentounsi, B. , Zouyed, I. , Cabaret, J. , 2011.** The steppe species of gastrointestinal nematodes of small ruminants, with a focus on *Marshallagia*: climate as a key determinant. *Parasite* 18, 261-269.

109. **Michel, J. F. , 1976.** The Epidemiology and Control of some Nematode Infections in Grazing Animals. In: Ben, D. (Ed.), Advances in Parasitology, Vol. 14, Academic Press 355-397.
110. **Moghaddar, N. , 2011.** Seasonal Variation in the Incidence of Gastro-intestinal Nematodes in Sheep in Iran. Journal of Applied Animal Research 34, 153-155.
111. **Moradpour, N. , Borji, H. , Razmi, G. , Kazemi, H. , Maleki, M. , 2014.** Comparison of two methods of *Marshallagia marshalli* donor sheep production. Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology 38, 289-292.
112. **Moradpour, N. , Borji, H. , Razmi, G. , Maleki, M. , Kazemi, H. , 2013.** Pathophysiology of *Marshallagia marshalli* in experimentally infected lambs. Parasitology 140, 1762-1767.
113. **Morand, S. , 2015.** Evolutionary ecology of parasite diversity: From determinants of parasite species richness to host diversification. International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife 4, 80-87.
114. **Morgan, E. R. , Torgerson, P. R. , Shaikenov, B. S. , Usenbayev, A. E. , Moore, A. B. M. , Medley, G. F. , Milner-Gulland, E. J. , 2006.** Agricultural restructuring and gastrointestinal parasitism in domestic ruminants on the rangelands of Kazakhstan. Veterinary Parasitology 139, 180-191.
115. **Morgan, E. R. , van Dijk, J. , 2012.** Climate and the epidemiology of gastrointestinal nematode infections of sheep in Europe. Veterinary Parasitology 189, 8-14.
116. **MVSP (Multivariate statistical package), 2001.** User' manual. Version 3. 1. KCS, Pentraeth, Wales, UK.
117. **Nabavi, R. , Eslami, A. , Shokrani, H. R. , Bokaie, S. , Shayan, P. , Saadati, D. , 2011.** Study on the prevalence, intensity, seasonal dynamics of abomasal helminths in sheep from different climatic zones of Iran. World Applied Sciences Journal 12 (4), 441-445.

118. **Nwosu, C. O. , Madu, P. P. , Richards, W. S. , 2007.** Prevalence and seasonal changes in the population of gastrointestinal nematodes of small ruminants in the semi-arid zone of north-eastern Nigeria. *Veterinary Parasitology* 144, 118-124.
119. **O'Connor, L. J. , Walkden-Brown, S. W. , Kahn, L. P. , 2006.** Ecology of the free-living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. *Veterinary Parasitology* 142, 1-15.
120. **Oripov, A. O. , 1982.** Epizootiology of trichostrongylid infections in sheep in Uzbekistan. *Sbornik Nauchnykh Trudov Sredneaziaticeskogo Otdeleniya VASKhNIL*, 9, 89-100.
121. **Orloff, I. W. , 1933.** Sur la reconstitution de la systématique du genre *Ostertagia* Ransom 1907. *Annales de Parasitologie*. T . XI, 2, 96-114.
122. **Pandey, V. S. , 1974.** Ecological observations on the free-living stages of *Ostertagia ostertagi*. *Annales de Recherches Vétérinaires*. 5 (3), 261-279.
123. **Pandey, V. S. , Chaer, A. , Dakkak, A. , 1989.** Effect of temperature on development of the free-living stages of *Ostertagia circumcincta*. *Veterinary Parasitology* 32, 193-197.
124. **Ransom, B. H. , 1907.** Notes on parasitic nematodes including descriptions of new genera and species and observations on life histories. United States Department of Agriculture, Bureau of Animal Industry, Circular 116, 76 p.
125. **Raynaud, J. P. , 1970.** Étude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et le contrôle des infestations parasitaires des bovins, ovins, équins et caprins. *Annals of Parasitology* 45, 321-342.
126. **Rigaud, T. , Perrot-Minnot, M. J. , Brown, M. J. F. , 2010.** Parasite and host assemblages: embracing the reality will improve our knowledge of parasite transmission and virulence. *Proceedings Biological Sciences* 277, 3693-3702.
127. **Roeber, F. , Kahn, L. , 2014.** The specific diagnosis of gastrointestinal nematode infections in livestock: Larval culture technique, its limitations and alternative DNA-based approaches. *Veterinary Parasitology* 205, 619-628.

128. **Rose, H. , Hoar, B. , Kutz, S. J. , Morgan, E. R. , 2014.** Exploiting parallels between livestock and wildlife: Predicting the impact of climate change on gastrointestinal nematodes in ruminants. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 3, 209-219.
129. **Rossanigo, C. E. , Gruner, L. , 1996.** The length of strongylid nematode infective larvae as a reflection of developmental conditions in faeces and consequences on their viability. *Parasitology Research* 82, 04–311.
130. **Rossanigo, C. E. , 1992.** Rôle de l'eau et de la température sur les taux de développement des nématodes parasites du tractus digestif des ruminants. Thèse de doctorat en parasitologie. Université Montpellier II. France. 133p.
131. **Saidi, M. , Ayad, A. , Boulgaboul, A. , Benbarek , H. , 2009.** Etude prospective du parasitisme interne des ovins dans une région steppique : cas de la région de Ain D'hab, Algérie. *Annales de Médecine Vétérinaire* 153 (4), 224-230.
132. **Saighi, L. , 2013.** Etude de l'état sanitaire de la subéraie de Ouled Bechih. Effet des facteurs biotiques. Magister en biologie environnementale. Université Souk Ahras. Algerie. 126p.
133. **Santos, M. C. , Silva, B.F. , Amarante, A. F. T. , 2012.** Environmental factors influencing the transmission of *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology* 188, 277-284.
134. **Sissay, M. M. , Uggla, A ., Waller, P. J. , 2007.** Epidemiology and seasonal dynamics of gastrointestinal nematode infections of sheep in a semi-arid region of eastern Ethiopia. *Veterinary Parasitology* 143, 311-321.
135. **Skrjabin, K. I. , Shikobalova, N. P. , Shultz, R. S. , 1954.** Trichostrongylids of animal and man. Natural Science Foundation, Department of Agriculture, Washington, 483 p.
136. **Smith, G. , Grenfell, B. T. , 1985.** The population biology of *Ostertagia ostertagi*. *Parasitology Today* 1, 76-81.

137. **Sobecka, E. , 2012.** Ecology and Zoogeography of Parasites, Oceanography, Prof. Marco Marcelli (Ed.) ISBN, 978-953-51-0301-1.
138. **Soukhal, B. , 2011.** La wilaya de Mila : Villes, Villages et problématique de l'alimentation en eau potable. Thèse de doctorat es sciences en aménagement de territoire, Université de Jijel. Algerie. 303 p.
139. **Soulsby, E. J. L. , 1968.** Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals. Mönnig's veterinary helminthology and entomology, Edn. 6, 824 p.
140. **Soulsby, E. J. L. , 1985.** Advances in immunoparasitology. Veterinary Parasitology 18, 303-319.
141. **Stromberg, B. E. , 1997.** Environmental factors influencing transmission. Veterinary Parasitology 72, 247-264.
142. **Stromberg, B. E. , Averbek, G. A. , 1999.** The role of parasite epidemiology in the management of grazing cattle. International Journal for Parasitology 29, 33-39.
143. **Suarez, V. H. , Cabaret, J. , Gruner, L. , 1995.** Morphological polymorphism in the nematode *Teladorsagia circumcincta* in relation to age of larvae, infection mode and lamb characteristics in experimental conditions. International Journal for Parasitology 25, 1173-1177.
144. **Suarez, V. H. , Cabaret, J. , 1991.** Similarities between species of the Ostertaginae (Nematoda: Trichostrongyloidea) in relation to host-specificity and climatic environment. Systematic Parasitology 20, 179-185.
145. **Tack, A. J. M. , Horns, F. , Laine, A. L. , 2013.** The impact of spatial scale and habitat configuration on patterns of trait variation and local adaptation in a wild plant parasite. Evolution. 68-1, 176–189.
146. **Tariq, K. A. , 2014.** A Review of the Epidemiology and Control of Gastrointestinal Nematode Infections of Small Ruminants. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences 85, 693-703.

147. **Tariq, K. A. , Chishti, M. Z ., Ahmad, F. , Shawl, A. S. , 2008.** Epidemiology of gastrointestinal nematodes of sheep managed under traditional husbandry system in Kashmir valley. *Veterinary Parasitology* 158, 138-143.
148. **Thamsborg, S. M. , Jørgensen, R. J. , Ranvig, H. , Bartlett, P. , Waller, P. J. , Nansen, P. , 1998.** The performance of grazing sheep in relation to stocking rate and exposure to nematode infections. *Livestock Production Science* 53, 265-277.
149. **Thomas, R. J. , 1982.** The ecological basis of parasite control: nematodes. *Veterinary Parasitology* 11(1), 9-24.
150. **Thomas, D. R. , Probert, A. J. , 1993.** A key to the identification of arrested gastrointestinal nematode larvae of sheep in Britain. *Veterinary Parasitology* 47, 77-80.
151. **Traldi, G., 2006.** Value of identification of gastrointestinal nematode third-stage larvae recovered from faeces and herbage. *Parasitologia* 48(3), 415-418.
152. **Triki-Yamani, R. R. , Bachir-Pacha, M. , 2010.** Cinétique mensuelle du parasitisme ovin en Algérie : résultats de trois années d'enquêtes sur le terrain (2004-2006). *Revue de Médecine Vétérinaire* 161, 4, 193-200.
153. **Uriarte, J. , Gruner, L. , 1989.** Evolution et survie des stades libres de Trichostrongylidae d'ovins sur prairie irriguée Saragossaise (Espagne). *Annales de Recherches Vétérinaires* 20, 83-92.
154. **Van Dijk, J. , David, G. P. , Baird, G. , Morgan, E. R. , 2008.** Back to the future: Developing hypotheses on the effects of climate change on ovine parasitic gastroenteritis from historical data. *Veterinary Parasitology* 158, 73-84.
155. **Van Dijk, J. , Morgan, E. R. , 2010.** Variation in the hatching behaviour of *Nematodirus battus*: Polymorphic bet hedging? *International Journal for Parasitology* 40, 675-681.
156. **VanWyk, J. A. , 1977.** A rapid method for differentiating the infective larvae of *Oesophagostomum colombianum* and *Chabertia ovina*. Onderstepoort. *Journal of Veterinary Research* 44(3), 197-200.

157. **Van Wyk, J. A. , Cabaret, J. , Michael, L. M. , 2004.** Morphological identification of nematode larvae of small ruminants and cattle simplified. *Veterinary Parasitology* 119, 277-306.
158. **Van Wyk, J. A. , Mayhew, E. , 2013.** Morphological identification of parasitic nematode infective larvae of small ruminants and cattle: A practical lab guide, *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 80(1), 14 p.
159. **www.fr.climate-data.org/ 2015.**
160. **www.gbif.org/species., 2015.** Museum of Southwestern Biology.
161. **Zaffaroni, E. , Manfredi, M. T. , Citterio, C. , Sala M. , Piccolo, G . , Lanfranchi, P. , 2000.** Host specificity of abomasal nematodes in free ranging alpine ruminants. *Veterinary Parasitology* 90, 221–230.

Annexes

Articles:

Zouyed I., Cabaret J., Bentounsi B. Climate influences assemblages of abomasal nematodes of sheep on steppe pastures in the east of Algeria. *Journal of Helminthology*, publié en ligne 1 dec 2016, DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022149X16000845>

Meradi S., Bentounsi B., **Zouyed I.**, Cabaret J. The steppe species of gastrointestinal nematodes of small ruminants, with a focus on *Marshallagia*: climate as a key determinant. *Parasite*, 2011, 18, 261-269. <http://parasite-journal.org/P3V183R9.html>

Communications à l'étranger :

Bentounsi B., **Zouyed I.**, Cabaret J. Le stongle *Marshallagia marshalli* des ovins: un inconnu qui se porte bien en Algérie. Congrès Société Française de Parasitologie, Grenoble, 23, 24 et 25 mars 2016, (Communication orale). <http://sfp-sfmm.insight-outside.fr/congresgrenoble2016/index.php?langue=fr&onglet=13&access=&idUser=&emailUser=>

Zouyed I., Cabaret J., Bentounsi B. Un strongle parasite mal connu des ovins des steppes : *Marshallagia marshalli*. 22emes Rencontres Recherches Ruminants. Paris (FRA), 02-03 dec 2015, Institut de l'Elevage, 2015: 22, (Communication affichée). Session : Parasitisme. <http://www.journees3r.fr/spip.php article4044>

Zouyed I., Bentounsi B., Meradi S., Cabaret J. Les nématodes parasites de la caillette des ovins dans les zones steppiques. 18emes Rencontres Recherches Ruminants. Paris (FRA), 07-08/12/2011, Institut de l'Elevage, 2011: 275, (Communication affichée). Session : Santé. <http://www.journees3r.fr/spip.php article3294>.

Communications nationales:

Zouyed I., Cabaret J., Bentounsi B. Ecologie de *Marshallagia marshalli* parasite des petits ruminants. 2eme Journée de Parasitologie, Université Hadj Lakhdar Batna, 8 octobre 2015, (Communication orale). <http://inst-va.univ-batna.dz/images/stories/semenaire/prgmpara.pdf>.

Zouyed I., Bentounsi B. Situation temporelle et spatiale des Trichostrongylidae de la caillette des ovins en Algérie. 1ere Journée de Parasitologie, ISVK, Université Mentouri Constantine, 9 avril 2014, (Communication orale). <http://www.umc.edu.dz/vet/index.phpstart=60>

Zouyed I., Cabaret J., Bentounsi B. Caractères morphologiques de la larve infestante de *Marshallagia marshalli*, parasite de la caillette des petits ruminants. 1ere Journée de Parasitologie, ISVK, Université Mentouri Constantine, 9 avril 2014, (Communication orale). <http://www.umc.edu.dz/vet/index.phpstart=60>

Zouyed I., Bentounsi B., Meradi S., Cabaret J. Les nématodes de la caillette des ovins dans les zones steppiques, enquêtes à grande et à petite échelle. 1ere Journée de Parasitologie, ISVK, Université Mentouri Constantine, 9 avril 2014, (Communication affichée). <http://www.umc.edu.dz/vet/index.phpstart=60>

Bentounsi B., Meradi S., Zouyed I., Cabaret J. Les nématodes gastro-intestinaux de la steppe (*Marshallagia sp.*), un exemple comparatif en Algérie. 21eme congrès national vétérinaire, SAMV, 18-19 dec 2010, Institut Pasteur, Delly Brahim (Alger), (Communication orale).

Thèse dans le cadre d'un projet du Programme National de Recherche (PNR) du Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique (MESRS):

Titre - Le parasitisme ovine: entrées pour une gestion durable en Algérie.

Chef de projet- Pr Bentounsi B.

Projet distingué parmi les PNR Agriculture (01) à forte valeur ajoutée (Oran, 10/04/ 2014).

Climate influences assemblages of abomasal nematodes of sheep on steppe pastures in the east of Algeria

I. Zouyed¹, J. Cabaret^{2*} and B. Bentounsi¹

¹Institute of Veterinary Sciences, Constantine 1 University, Constantine, Algeria; ²INRA and F. Rabelais University, UMR1252, 37380 Nouzilly, France

(Received 3 July 2016; Accepted 17 October 2016)

Abstract

It is a common view that assemblages of parasitic nematodes are influenced by climatic conditions; however, there are only a few articles available regarding those that infect farm animals. We investigated the relationship between climate variables and infection with abomasal trichostrongyles in 335 1-year-old rams grazed on steppe pastures in Eastern Algeria. Abomasa were collected from 12 local slaughterhouses located in four climatic areas (from humid to arid) and the worms extracted, identified and counted. The abundance was low and the fauna composed primarily of *Teladorsagia circumcincta*, *Marshallagia marshalli* and *Trichostrongylus* sp. The high percentage of *M. marshalli* is typical of steppe areas. *Ostertagia ostertagi* and *Haemonchus contortus* were present in low numbers. Rainfall was the most important climatic variable related to the main species. This relationship was not linear for *M. marshalli* but an optimal rainfall was detected (350–400 mm/year). The more complex climatic indicators used in the study did not demonstrate a more significant correlation than rainfall. The predictive value of rainfall on the abundance or proportion of species in the assemblage was modest but highly significant. The seasonality of assemblages was different between the two main sub-climates (sub-humid and semi-arid).

Introduction

Species organization can be classified as either isolationist (few species are independently distributed) or interactive communities (Holmes & Price, 1986). Interactions are difficult to establish in natural infections. Any positive associations may reflect a mutualistic effect, or result from life-cycle similarities. It seems that among parasitic trichostrongyle nematodes of ewes, the interactions are limited and do not depart from random associations (Cabaret & Hoste, 1998). As part of their life cycle includes a free-living phase on the herbage, their development and survival are influenced by the climatic environment (Kates, 1950; Suarez & Cabaret, 1991; O'Connor et al., 2006). It has been shown that while some trichostrongyle species

present a very wide range of geographic distributions (*Teladorsagia circumcincta*, *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus*) others are restricted to more specific climates (Suarez & Cabaret, 1991). The trichostrongyle *Marshallagia marshalli* is an example of the latter and is strongly associated with sheep and goats in steppe climates (Suarez & Cabaret, 1991; Meradi et al., 2011). A large-scale multi-regional study (Meradi et al., 2011) showed that rainfall was the best indicator for *M. marshalli* prevalence in a steppe climate. This contrasted with other trichostrongyle nematode species where lower rainfall was associated with a higher prevalence of infection. It is known in other organisms that spatial scale and habitat configuration can shape the local adaptation of host-parasite interactions (Biere & Tack, 2013). The spatial pattern of life-traits, which are the elements of success for a species, are estimated at an individual level, a species level and an assemblage level (Gaston et al., 2008). Thus, the influence of climate observed

*E-mail: jacques.cabaret@inra.fr

on *M. marshalli* prevalence in a large area spanning from Spain to Mongolia (Meradi et al., 2011) may be different to that of a small region, such as the eastern part of Algeria where *M. marshalli* is one of the main species. Prevalence is not able to characterize assemblages and the proportion of each species in assemblages will be used in this paper. Steppe may be defined by vegetation, i.e. harbouring small xerophytic discontinuous grassland cover in opposition to prairie with continuous grass cover (Djellouli, 1990). Or, steppe may also be defined by climate, defined by Viers & Vigneau (1990) to be a region where there is a large difference between the summer (up to 30°C) and winter months (sometimes below 0°C), and where the temperature can differ substantially between day and night. The vegetation and climate definitions are not fully coincident. The steppe in Eastern Algeria, according to the vegetation definition, has several sub-climates which differ mostly in their rainfall. This thereby constitutes an interesting region to evaluate adaptation to local climates, from sub-humid to arid (Côte, 1998). This study aimed, first, to evaluate the associations of species in the assemblages of trichostrongyle nematodes of sheep, and then to identify their variations according to season and local climates.

Materials and methods

Study area

Eastern Algeria has a Mediterranean climate with a long dry period in summer lasting 3–4 months on the coast, 5–6 months in the high plains and 6 months or more in the Saharian Atlas. The Emberger pluviothermic ratio $(P / (M + m) / 2)(M - m)$ was calculated for each site, where P is the yearly rainfall in millimetres, M is the average of the hottest recorded months and m is the average of the coldest recorded months. Where $M + m$ provides a measure of the average temperature along the year and $M - m$ is an index of continentality (Daget, 1977). The studied sites were also divided into humid, sub-humid, semi-arid and arid in line with the descriptions of Côte (1998) (table 1 and fig. 1). The most important steppe vegetation in decreasing rainfall conditions includes: *Artemisia herba alba*, *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* and, finally, 'remt' or *Arthrophytum scoparium* (below 200 mm yearly rainfall).

Collection and examination of samples

Twelve slaughterhouses were selected in Eastern Algeria, located among all of the climatic stages. A total of 335 young rams were examined; in Algeria, only young rams are slaughtered, in order to develop sheep production. Samples came from Ouled Djellal rams, approximately 1 year old. Almost all of the sheep originated from the same vicinity as the slaughterhouse, except for Hassi Messaoud where they came from multiple areas. In general, the rams were treated with anthelmintics twice a year, using albendazole or ivermectin, and were bred extensively on pastures (Cabaret et al., 2015). Approximately six abomasa were sampled every month (2009–2010) in sub-humid and semi-arid areas, with slightly lower frequency in other areas. Following

Table 1. Climatic characteristics of sampling sites including average yearly rainfall, temperature (range in brackets) and biometric Emberger indices.

Type/ Name of sites	Rainfall (mm)	Temperature (°C)	Emberger index
Humid			
El Ancer	918	18.4 (10.6–26.7)	199
Sub-humid			
Annaba	712	18.4 (11.9–25.7)	177
Azzaba	715	17.8 (9.9–26.7)	143
Ferdjouda	673	15.0 (9.3–26.3)	136
Grarem	785	17.0 (9.1–26.2)	158
Mila	742	16.2 (8.2–25.7)	147
Soukahrass	735	14.5 (6.0–23.9)	143
Semi-arid			
Eulma	482	13.5 (7.2–23.8)	101
Setif	473	13.2 (4.6–23.0)	85
Constantine	630	15.5 (7.3–25.4)	120
Arid			
Hassi Messaoud	40	22.4 (6.4–33.9)	6
Biskra	141	21.8 (8.4–33.2)	32

removal of the abomasa, they were washed with warm water in the laboratory and the washings sieved through a 100- μ m mesh sieve. A one-third aliquot was then examined for worms. Adult worms were counted and identified according to Skrjabin et al. (1954). The proportion of each species in the assemblage (number of worms of species i / number of worms in the assemblage) was calculated. Abundance (mean number of worms of a particular trichostrongylid species/number of hosts examined) was calculated according to Margolis et al. (1982).

Data analysis

Analysis of variance was carried out using a general linear model (GLM). This univariate analysis is a full factorial model with interactions between the variables. Missing data were estimated with type III (regression) and the factors were site and month. Abundance (number of worms/lamb) was transformed as $\log(x + 1)$. The differences between months or sites were assessed using a Student–Newman–Keuls test. The Spearman rank correlation (r_s) was also calculated between abundance or proportion of nematode species and the climatic data, as parasitic data did not follow a Gaussian distribution. Stepwise forward regressions between nematode proportions and climate variables were also performed. The individual abundance data were adjusted to linear, quadratic and cubic regressions to rainfalls, since it is not known if there is linearity between the variables. These analyses were done with SPSS 19 software (IBM SPSS, 2010). The respective influence of association between species due to density dependence and climate was tentatively assessed using principal component analyses (MVSP, 2001). The data were standardized as: (actual values – mean value for each species) / (standard deviation for the species). Two axes only were presented since they represented the majority of the variance. The association of species or climatic

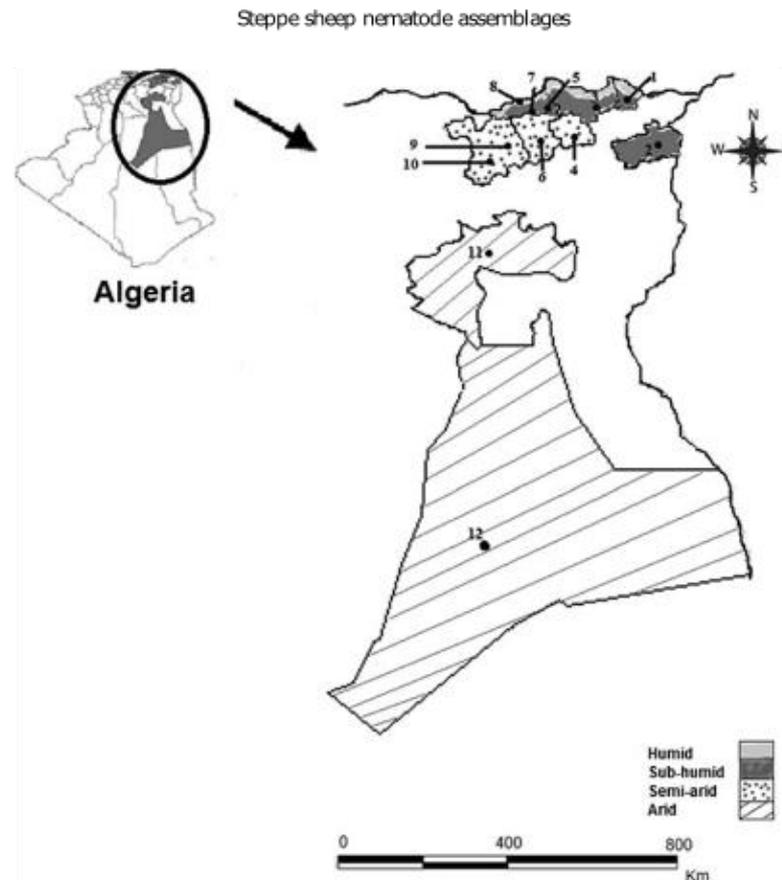


Fig. 1. Simplified map of bioclimatic areas (humid, sub-humid, semi-arid and arid) in Eastern Algeria (adapted from Côte, 1998). Sampling sites: (1) Annaba, (2) Soukahras (3) Azzaba, (4) Constantine, (5) Grarem, (6) Mila, (7) Ferdjious, (8) El Ancer, (9) Eulma, (10) Setif, (11) Biskra, (12) Hassi Messaoud.

parameters is detected when they are near the plane corresponding to the two axes. The most significant climatic parameters are those located far from the intersection of axes.

Results

Composition and seasonality of nematode species

There were significant differences for all sites and all species with the GLM model, with month and site as factors. *Marshallagia marshalli* was mostly abundant in semi-arid areas (Setif and Eulma). *Teladorsagia circumcincta* was present in higher numbers at four sub-humid sites (Azzaba, Ferdjious, Grarem and Soukahras) and one semi-arid site (Setif). *Haemonchus contortus* was mostly found in Azzaba, a sub-humid site. *Trichostrongylus* spp. (mostly *Trichostrongylus axei* and some *Trichostrongylus vitrinus*) abundance was high only in the sub-humid Ferdjious and Grarem (table 2).

The rams from the sub-humid sites were more heavily infected, all species were rather well represented in

these areas and thus the abundances gave a positively biased vision of the local adaptation for each species. The species proportions were a better indicator of the suitability of a given species in a particular climate. Proportions of *M. marshalli* (fig. 2) were high at two sub-humid sites (Soukahras and Mila), one arid site (Biskra) and at the majority of semi-arid sites (Eulma, Constantine and Setif).

Samples were taken throughout the year and the seasonality of the proportions of nematode species was checked using GLM. The analysis was performed distinctly for the sub-humid and semi-arid areas as they differed in their respective assemblages of trichostrongyle nematode species. The three main species (*M. marshalli*, *T. circumcincta* and *Trichostrongylus* sp.) were included since the other two species (*H. contortus* and *Ostertagia ostertagi*) had low abundance (below five worms/host on average). There was significant seasonality in the sub-humid area for *T. circumcincta* (highest in April and May), *M. marshalli* (July–August and then November–December) and *Trichostrongylus* sp. (January–February). There was no significant seasonality in semi-arid areas

Table 2. The abundance of infection (\pm SD) of trichostrongyle nematode species in the abomasum of sheep relative to sampling site.

Site (no. of necropsies)	Trichostrongyle nematode species				
	<i>T. circumcincta</i>	<i>O. ostertagi</i>	<i>M. marshalli</i>	<i>Trichostrongylus</i> sp.	<i>H. contortus</i>
Annaba (40)	33 \pm 40	9 \pm 17	16 \pm 22	6 \pm 17	1 \pm 4
Azzaba (9)	331 \pm 336	1 \pm 2	1 \pm 2	21 \pm 19	37 \pm 85
Biskra (16)	9 \pm 12	0 \pm 1	20 \pm 32	0	0
Constantine (60)	6 \pm 3	0.2 \pm 0.9	9 \pm 4	0 \pm 0	0 \pm 1
El Ancer (8)	6 \pm 7	2 \pm 3	7 \pm 9	34 \pm 54	3 \pm 2
Eulma (59)	54 \pm 47	1 \pm 3	104 \pm 142	2 \pm 7	1 \pm 3
Ferdjioua (22)	148 \pm 110	1 \pm 2	42 \pm 33	141 \pm 234	0
Grarem (18)	205 \pm 175	0 \pm 6	31 \pm 64	489 \pm 1177	5 \pm 11
Hassi Messaoud (18)	28 \pm 35	1 \pm 1	16 \pm 25	0	0
Mila (43)	16 \pm 16	0 \pm 1	16 \pm 24	6 \pm 22	0 \pm 1
Setif (20)	158 \pm 155	0 \pm 1	200 \pm 249	36 \pm 71	4 \pm 12
Soukahras (22)	133 \pm 213	1 \pm 2	16 \pm 23	6 \pm 22	0 \pm 1

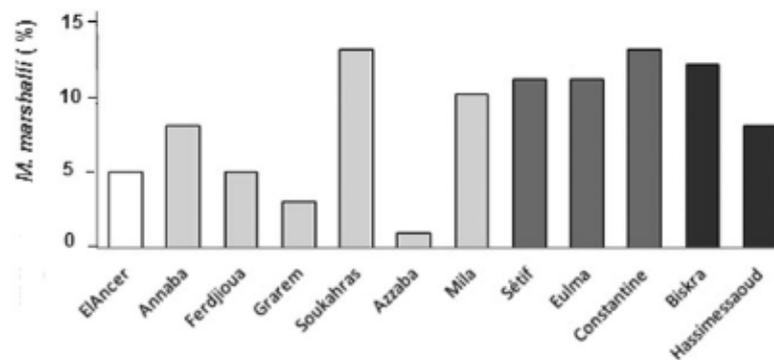


Fig. 2. The proportion (%) of *Marshallagia marshalli* in the trichostrongyle nematode assemblages from humid (white bar), sub-humid (light grey bars), arid (black bars) and semi-arid sampling sites (dark grey bars) in Eastern Algeria.

for *T. circumcincta* and *Trichostrongylus* sp. but *M. marshalli* was in the highest proportion in December–January (fig. 3).

Regulation of the nematode assemblages by climatic variables and abundance

The first axis of the principal component analysis (31% of variance) was described by the opposition between Emberger index and rainfall on one hand, and temperature (mostly the maximum temperature) on the other hand (fig. 4). The second axis (19% of variance) corresponded to the abundance of species, the most representative being *M. marshalli* and *O. ostertagi*. *Marshallagia marshalli* differed from all the other trichostrongyles in that its proportion was negatively related to the climatic parameters. Similar analyses run with only one trichostrongyle species did not modify this relationship with the climatic variables, which indicates that the assemblage is not strongly interactive and that differences in abundance were likely due to climate.

Climatic variables and worm species

Climatic parameters are correlated. The bioclimatic index of Emberger is most significantly related to rainfall ($r_s = 0.89$) and also to minimum ($r_s = 0.18$) and maximum ($r_s = 0.25$) temperature, all relationships being significant. Most of the nematode species are significantly and positively related to rainfall and temperatures. Conversely, *M. marshalli* is negatively related to rainfall and temperature (table 3). These data were established for individual necropsies and for average abundances of sites. When the average abundance or percentage for each species per site was considered, instead of individual data, fewer significant correlations were found.

Since several climatic factors (rainfall – RAIN, yearly minimum temperature – MinC or yearly maximum temperature – MaxC) were involved, multiple regressions were performed using a stepwise regression technique on the proportions of species in the communities (i.e. PcOST, PcMAR, PcHAEM, PcTRIC proportions of *O. ostertagi*, *M. marshalli*, *H. contortus*, *Trichostrongylus* sp., respectively). No significant equation (with multiple correlation R) could be found for *T. circumcincta*, but the

Downloaded from <http://www.cambridge.org/core>. INRA - Versailles-Grignon, on 03 Dec 2016 at 18:47:10, subject to the Cambridge Core terms of use, available at <http://www.cambridge.org/core/terms>. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022149X16000845>

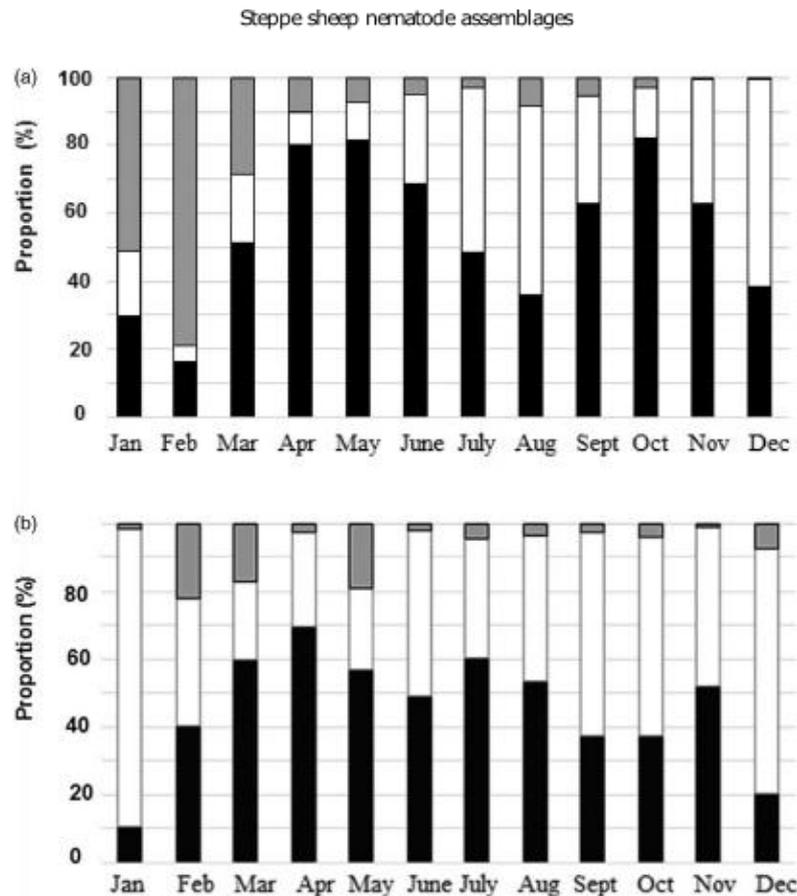


Fig. 3. The proportion (%) of *T. circumdata* (black shading) *M. marshalli* (white shading) and *Trichostrongylus* sp. (grey shading) in (a) sub-humid and (b) semi-arid trichostrongyle nematode assemblages from January 2009 to December 2010.

other species were related to several climatic variables:

$$PcOST = 0.122 + 0.011 * MinC - 0.008 * MaxC; P = 0.00; R = 0.26$$

$$PdMAR = 1.64 - 0.0006 * RAIN - 0.033 * MaxC; P = 0.00; R = 0.27$$

$$PcHAEM = -0.02 + 0.00007 * RAIN; P = 0.00; R = 0.15$$

$$PcTRIC = -0.43 + 0.0003 * RAIN + 0.012 * MaxC; P = 0.00; R = 0.28$$

The abundance of *M. marshalli* responds differently from that of the other trichostrongyle nematodes to climate. The relationship of abundance to rainfall was negative only for *M. marshalli*. Furthermore, the relationship between rainfall and abundance of a species was not always linear, as shown from the graph for *M. marshalli* where the best fit was obtained with a cubic equation (fig. 5). An optimal rainfall between 350 and 450 mm was observed ($R = 0.30; P = 0.00$). Conversely, the best fit was obtained with linear regression for *T. circumdata*

$$(R = 0.10; P = 0.04) \text{ and } Trichostrongylus \text{ sp. } (R = 0.10; P = 0.04).$$

Discussion

The results suggest that the assemblage of trichostrongyle nematodes studied here are organized in isolationist communities, meaning that the species do not interact and influence infection by other species. Similarly, low interactions have been shown in trichostrongyle nematodes of ewes of Morocco (Cabaret & Hoste, 1998). According to Pence (1990) this is somewhat expected - where a parasite (such as the trichostrongyles) has a direct life cycle there is a low probability of colonizing the host (low stocking rate in the present study) and a low species richness (only five species in the abomasum in this study). The infection of rams was relatively low compared to the results of surveys carried out in Europe have been conducted on younger lambs (Cabaret et al., 2002). Furthermore, farmers in northern Africa use extensive pastures and thereby have low stocking rates. They also profit from uninfected

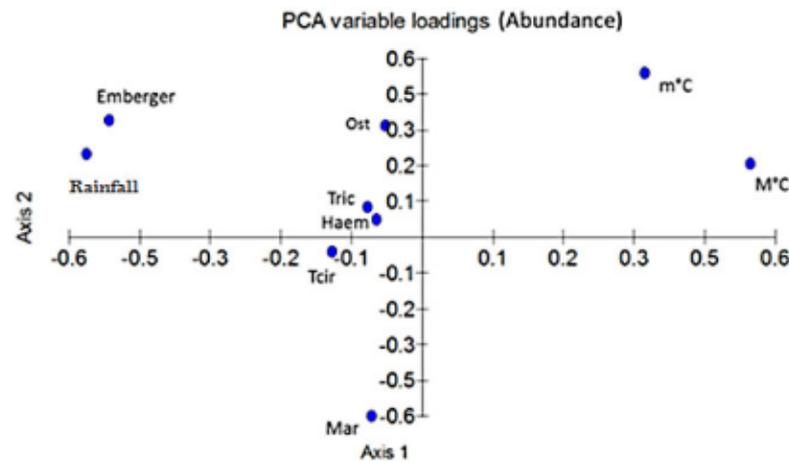


Fig. 4. The relationship between the abundance of infection in trichostrongyle nematode assemblages and climatic factors such as rainfall (mm/ year), temperature (°C) and the Emberger index, using principal component analysis (PCA). Haem, *H. contortus*; Mar, *M. marshalli*; Ost, *O. ostertagi*; Tcir, *T. circumcincta*; Tric, *Trichostrongylus* sp.; Emberger, bioclimatic index of Emberger; M°C, maximum temperatures; m°C, minimum temperatures.

Table 3. The proportion of each species in the assemblages and abundance of infection of trichostrongylid nematode species relative to climatic variables using Spearman coefficient correlations (r_s), values for individual data given as >0.12 (n = 336), average site data as >0.54 (n = 12) in italics and correlation coefficients in bold, with levels of significance given as P < 0.05.

Nematode species	Climate variables			
	Rainfall (mm)	Min. °C	Max. °C	Emberger index
Proportion of species in assemblage				
<i>Teladorsagia circumcincta</i>	0.05	0.10	0.12	0.03
<i>Ostertagia ostertagi</i>	-0.17	-0.08	0.02	-0.13
<i>Marshallagia marshalli</i>	0.05	0.29	0.15	0.24
<i>Trichostrongylus</i> sp.	-0.21	0.43	0.11	0.01
<i>Haemonchus contortus</i>	-0.26	-0.27	-0.27	-0.27
<i>Teladorsagia circumcincta</i>	-0.58	-0.09	-0.18	-0.55
<i>Ostertagia ostertagi</i>	0.32	0.16	0.19	0.29
<i>Marshallagia marshalli</i>	0.61	0.04	-0.12	0.62
<i>Trichostrongylus</i> sp.	0.13	0.01	0.05	0.17
<i>Haemonchus contortus</i>	0.61	0.01	-0.11	0.68
Abundance				
<i>Teladorsagia circumcincta</i>	0.12	-0.08	-0.11	0.01
<i>Ostertagia ostertagi</i>	0.39	-0.16	-0.07	0.28
<i>Marshallagia marshalli</i>	0.04	0.11	0.26	0.23
<i>Trichostrongylus</i> sp.	0.39	0.23	0.02	0.56
<i>Haemonchus contortus</i>	-0.17	-0.39	-0.40	-0.25
<i>Teladorsagia circumcincta</i>	-0.17	-0.16	-0.13	-0.20
<i>Ostertagia ostertagi</i>	0.29	0.16	0.13	0.25
<i>Marshallagia marshalli</i>	0.64	-0.16	-0.13	0.54
<i>Trichostrongylus</i> sp.	0.13	0.04	0.01	0.10
<i>Haemonchus contortus</i>	0.72	-0.06	-0.11	0.70

stubble and fallow fields in the summer (similar to those of Morocco: Cabaret, 1984; Berrag et al., 2009). The fact that the assemblages are isolationist allows for studies to more easily disentangle the influence of climate on their composition.

Teladorsagia circumcincta is found in areas of steppe throughout the world (Meradi et al., 2011). It was present in high proportions in the assemblages across all the sites

of the present study, and it appears to be much less related to rainfall. Its presence in Hassi Messaoud, a very arid area, is potentially not related to local infection but rather to the importation of sheep from other places in Algeria. The consumption of meat is high in this area (due to the presence of a large concentration of petroleum production workers) which is not favourable for sheep production. *Haemonchus contortus* is present unequally across the

Steppe sheep nematode assemblages

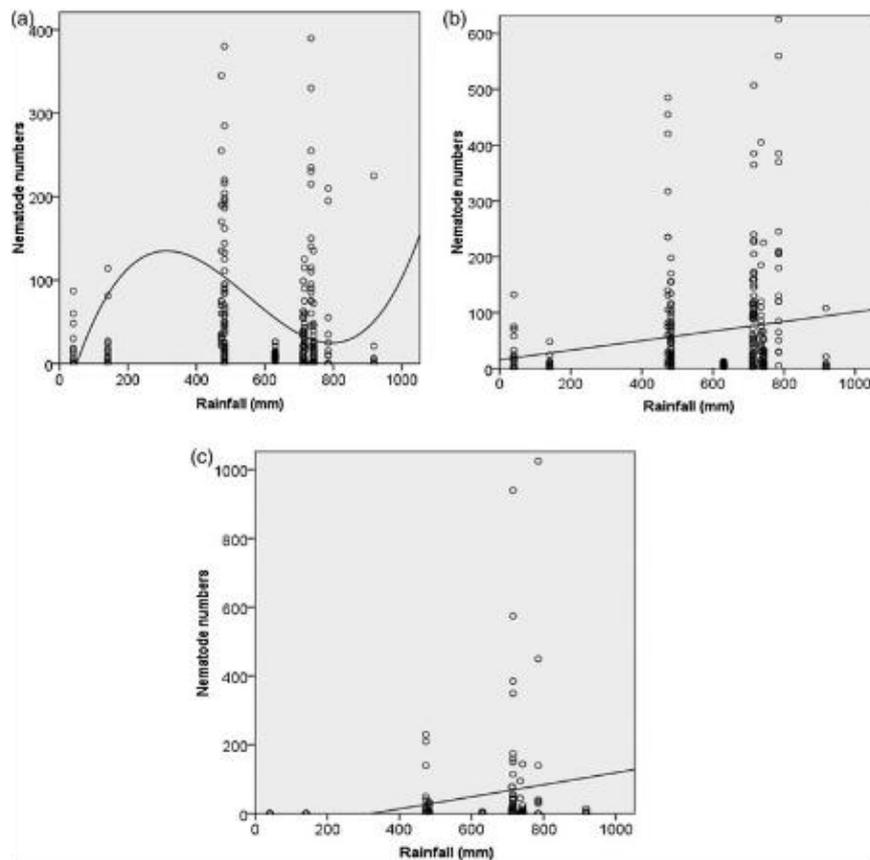


Fig. 5. The relationship between yearly rainfall (mm) and individual abomasum nematode numbers for (a) *M. marshalli*, (b) *T. circumdata* and (c) *Trichostrongylus* sp.; observed data (open circles) and best adjusted regression (solid line).

different sites and always at low levels. This is similar to the results from other areas of steppe (Cabaret, 1984; Meradi et al., 2011). The presence of *O. ostertagi*, a cattle species, is due to sheep sharing common pasture with cattle, with similar findings observed in other studies (Cabaret, 1984; Meradi et al., 2011). The presence of *M. marshalli* is important in the studied area and it may impact sheep husbandry due to the pathophysiological consequences of infection (Oripov, 1982; Moradpour et al., 2013). *Marshallagia marshalli* is typically found in steppes (Diez-Baños, 1989; Giangaspero et al., 1992; Meradi et al., 2011), yet it was still found here in several sites that could not be categorized as such. Its presence in such sites may be explained by diffusion and, possibly, adaptation to a new context (see Meradi et al., 2011). The highest proportion of *M. marshalli* in the assemblages was recorded in autumn, with similar findings made in other studies (Morocco: Cabaret, 1984; Syria: Giangaspero et al., 1992; Spain: Diez-Baños, 1989; Uzbekistan: Oripov, 1982). There was, however, a difference in the peak prevalence periods between the sub-humid and semi-arid areas. In the former, there was a peak proportion of *M. marshalli* in July–August and a second peak at the end of the year, instead of one

single autumn peak in the latter. This could be due to the favourable environment for abomasal trichostrongyles throughout the year and, thus, monthly fluctuations are reduced and the peaks could be partly artefactual. Rainfall is a major explanatory climatic factor for *M. marshalli*. On a large scale, it is a linear and negative relationship (Meradi et al., 2011). The relationship with rainfall was less intense in the present smaller-scale survey, and the best fit was not linear. On a smaller scale, an optimal rainfall was observed. The discrepancy between *M. marshalli* abundance in relation to rainfall on both small and large scales is not found for other trichostrongylid species. This could be due to the limited range of rainfall to which the development and survival of *M. marshalli* is adapted in the free-living stages.

Although the rainfall and temperature could be related to abundance or proportion of a species in an assemblage, this provides only a partial explanation, particularly for individual assemblages. In table 3, the Spearman coefficients of correlation were below 0.30 for individual data and higher for average assemblage on site (equal to or below 0.70). This means that the part of variability explained by one or several climatic parameters (corresponding to the

square value of the Spearman coefficient) is 9% for individual assemblages or 49% in average subclimate assemblages in the best cases. This may be explained by the following points, in particular for individual assemblages: the host exposure, the host immune protective response and the time since anthelmintic treatment. The relationship between climate and the average trichostrongyle assemblages of sites was higher, but this was due partly to a statistical reason: the sample is smaller (12 sites instead of 336 individual sheep). It does show, however, that the presence of trichostrongyle species can be influenced by climate characteristics and that some prediction of the importance of a species can be made for each site.

Acknowledgements

We thank Caroline Chyliński for comments and revision of the English language.

Financial support

We are grateful to the University of Constantine (Algeria) for funding a visit to INRA Val de Loire (Nouzilly, France) for one of us (I.Z.), which permitted the analyses of the data and elaboration of the present article.

Conflict of interest

None.

References

- Berrag, B., Ouzir, M. & Cabaret, J. (2009) Meat sheep farm structure and the acceptability of targeted selective treatments for controlling digestive-tract strongyles in Morocco. *Veterinary Parasitology* 164, 30–35.
- Biere, A. & Tack, A.J.M. (2013) Evolutionary adaptation in three-way interactions between plants, microbes and arthropods. *Functional Ecology* 27, 646–660.
- Cabaret, J. (1984) Seasonal changes in the abomasal nematodes of naturally infected ewes in Moulay-Bouazza (Morocco). *Veterinary Parasitology* 15, 47–56.
- Cabaret, J. & Hoste, H. (1998) Comparative analysis of two methods used to show interspecific associations in naturally acquired parasite nematode communities from the abomasum of ewes. *Veterinary Parasitology* 76, 275–285.
- Cabaret, J., Bouilhol, M. & Mage, C. (2002) Managing helminths of ruminants in organic farming. *Veterinary Research* 33, 625–640.
- Cabaret, J., Chyliński, C., Meradi, S., Laignel, G., Nicourt, C., Bentounsi, B. & Benoit, M. (2015) The trade-off between farmers' autonomy and the control of parasitic gastro-intestinal nematodes of sheep in conventional and organic farms. *Livestock Science* 181, 108–113.
- Côte, M. (1998) Les régions bioclimatiques de l'est algérien. *Rhumel Institut des Sciences et de la Technologie, Université de Constantine* 6, 57–71.
- Daget, P. (1977) Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio* 34, 87–103.
- Diez-Baños, N. (1989) Estudio epidemiológico sobre los nematodos gástricos ovinos de la provincia de León, con especial referencia a *Ostertagia* spp. Doctoral thesis, Universidad de León.
- Djellouli, Y. (1990) Flores et dimats en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Doctoral thesis, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger.
- Gaston, K.J., Chown, S.L. & Evans, K.L. (2008) Ecogeographical rules: elements for a synthesis. *Journal of Biogeography* 35, 483–500.
- Giangaspero, M., Bahhady, F.A., Orita, G. & Gtuner, L. (1992) Summer-arrested development of abomasal trichostrongylids in Awassi sheep in semi-arid areas of North-West Syria. *Parasitology Research* 78, 594–597.
- Holmes, J.C. & Price, P.W. (1986) Communities of parasites, pp. 187–213 in Anderson, D.J. & Kikkawa, J. (Eds) *Community in ecology: pattern and process*. Blackwell, London.
- IBM SPSS. (2010) *Statistics 19 core system user's guide*. Chicago Illinois, USA, SPSS Inc.
- Kates, K.C. (1950) Survival on pasture of free-living stages of some common gastrointestinal nematodes of sheep. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 17, 39–58.
- Margolis, L., Esch, G.W., Holmes, J.C., Kuris, A.M. & Schad, G.A. (1982) The use of ecological terms in parasitology. Report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists. *Journal of Parasitology* 68, 131–133.
- Meradi, S., Bentounsi, B., Zouyed, I. & Cabaret, J. (2011) The steppe species of gastrointestinal nematodes of small ruminants, with a focus on *Marshallagia*: climate as a key determinant. *Parasite* 18, 261–269.
- Moradpour, N., Borji, H., Razmi, G., Maleki, M. & Kazemi, H. (2013) Pathophysiology of *Marshallagia marshalli* in experimentally infected lambs. *Parasitology* 140, 1762–1767.
- MVSP (Multivariate statistical package). (2001) *User's manual*. Version 3.1. Pentraeth, Wales, UK, Kovach Computing Services.
- O'Connor, L.J., Walkden-Brown, S.W. & Kahn, P. (2006) Ecology of the free-living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. *Veterinary Parasitology* 142, 1–15.
- Oripov, A.O. (1982) Epizootology of trichostrongylid infections in sheep in Uzbekistan. pp. 89–100. *Sbornik Nauchnykh Trudov Sredneaziatskogo Otdeleniya VASKhNIL*.
- Pence, D.B. (1990) Helminth community of mammalian hosts: concepts at the infra-community, component and compound community levels. pp. 233–260 in Esch, G.W., Bush, A.O. & Aho, J.M. (Eds) *Parasite communities: patterns and processes*. London, Chapman & Hall.
- Skrjabin, K.I., Shikobalova, N.P. & Shultz, R.S. (1954) *Trichostrongylids of animals and man*. Washington, Natural Science Foundation and Department of Agriculture.
- Suarez, V.H. & Cabaret, J. (1991) Similarities between species of the *Ostertagiinae* (Nematoda: Trichostrongyloidea) in relation to host-specificity and climatic environment. *Systematic Parasitology* 20, 179–185.
- Viers, G. & Vigneau, J.P. (1990) *Éléments de climatologie*. Paris, Nathan Université.

Annexe 1

Bilans des caillettes des ovins dans 12 abattoirs de l'Est algérien

Tc: *Teladorsagia circumcincta*, Mo: *Marshallagia occidentalis*, Mm: *Marshallagia marshalli*, Trich: *Trichostrongylus sp.*, Haem: *Haemonchus sp.*

Site	Sexe parasite	Mois	Tc	Mo	Os	Mm	Trich	Haem
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	2	0	0	4	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	10	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	3	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	3	0	0	23	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	1	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	1	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	1	0	0	4	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	0	0	4	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	1	0	0	1	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	1	0	0	1	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	1	0	0	1	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	1	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	0	0	8	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	1	0	0	1	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	0	0	10	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	1	0	0	1	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	2	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	10	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	2	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	2	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	7	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	3	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	3	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	2	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	6	0	0

CONSTANTINE	Femelle	Septembre	2	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	10	0	2
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	1	0	3	0	1
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	1	0	4	0	3
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	1	0	2	0	1
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	1	0	5	0	1
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	1	0	2	0	1
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	1	0	6	0	2
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	1	0	2	0	1
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	1	1	0	5	0	1
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	1	0	1	0	2
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	1	0	5	0	2
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	3	0	0	6	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	2	0	0	9	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	3	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	1	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	3	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Septembre	0	1	0	4	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Septembre	3	0	0	4	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	3	0	5	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	3	3	0	10	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	3	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	3	3	0	23	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	3	3	0	12	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	4	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	3	2	0	7	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	3	1	0	8	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	9	1	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	1	0	1
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	3	1	0	5	0	0

CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	1	0	1
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	4	1	0	7	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	4	0	1
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	4	1	0	8	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	2	0	1
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	5	2	0	10	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	1	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	7	0	0	9	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	4	1	0	10	0	1
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	5	0	0	5	0	1
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	5	0	0	7	0	1
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	3	0	0	5	0	1
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	5	0	0	6	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	5	0	0	10	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	5	1	0	6	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	6	1	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	6	1	0	8	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	10	1	0	6	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	1	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	8	1	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	5	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	7	1	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	8	1	0	6	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	12	0	0	4	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	6	0	0	9	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	2	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	6	0	0	5	0	0

CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	2	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	9	0	0	5	0	0
CONSTANTINE	Femelle	Octobre	1	0	0	3	0	0
CONSTANTINE	Mâle	Octobre	12	0	0	4	0	0
EL EULMA	Femelle	Septembre	9	0	0	192	0	0
EL EULMA	Mâle	Septembre	96	3	0	33	0	0
EL EULMA	Femelle	Septembre	111	0	0	48	0	0
EL EULMA	Mâle	Septembre	3	3	0	156	0	0
EL EULMA	Femelle	Septembre	0	0	0	57	0	0
EL EULMA	Mâle	Septembre	0	0	0	33	0	0
EL EULMA	Femelle	Septembre	27	0	0	57	0	0
EL EULMA	Mâle	Septembre	9	0	0	27	0	0
EL EULMA	Femelle	Septembre	71	0	0	18	0	0
EL EULMA	Mâle	Septembre	63	0	0	18	0	0
EL EULMA	Femelle	Septembre	18	0	0	39	0	0
EL EULMA	Mâle	Septembre	9	0	0	9	0	0
EL EULMA	Femelle	Septembre	57	0	0	30	0	0
EL EULMA	Mâle	Septembre	18	0	0	27	0	0
EL EULMA	Femelle	Septembre	12	0	0	0	0	0
EL EULMA	Mâle	Septembre	0	0	0	0	0	0
EL EULMA	Femelle	Octobre	3	0	0	30	0	0
EL EULMA	Mâle	Octobre	0	0	0	30	0	0
EL EULMA	Femelle	Octobre	9	3	0	15	0	0
EL EULMA	Mâle	Octobre	6	0	0	9	0	0
EL EULMA	Femelle	Octobre	6	0	0	71	0	0
EL EULMA	Mâle	Octobre	9	3	0	18	0	0
EL EULMA	Femelle	Octobre	0	0	0	3	0	0
EL EULMA	Mâle	Octobre	6	0	0	9	0	0
EL EULMA	Femelle	Novembre	20	5	0	77	0	0
EL EULMA	Mâle	Novembre	18	5	0	85	0	0
EL EULMA	Femelle	Novembre	5	0	0	96	0	0
EL EULMA	Mâle	Novembre	4	0	0	120	0	0
EL EULMA	Femelle	Novembre	10	0	0	83	0	0
EL EULMA	Mâle	Novembre	17	0	0	50	0	0
EL EULMA	Femelle	Novembre	15	0	0	88	0	0
EL EULMA	Mâle	Novembre	12	0	0	110	0	0
EL EULMA	Femelle	Décembre	35	0	0	115	0	0
EL EULMA	Mâle	Décembre	40	0	0	80	0	0
EL EULMA	Femelle	Décembre	25	0	0	155	0	0
EL EULMA	Mâle	Décembre	30	0	0	130	5	0
EL EULMA	Femelle	Décembre	10	5	0	300	0	0
EL EULMA	Mâle	Décembre	10	2	0	235	0	0

EL EULMA	Femelle	Décembre	15	0	0	75	0	0
EL EULMA	Mâle	Décembre	5	0	0	50	0	0
EL EULMA	Femelle	Décembre	20	5	0	370	0	0
EL EULMA	Mâle	Décembre	5	1	0	350	0	0
EL EULMA	Femelle	Janvier	5	10	0	205	0	0
EL EULMA	Mâle	Janvier	5	5	0	175	0	0
EL EULMA	Femelle	Janvier	10	0	0	45	10	0
EL EULMA	Mâle	Janvier	5	0	0	50	0	0
EL EULMA	Femelle	Janvier	5	0	0	45	0	0
EL EULMA	Mâle	Janvier	0	0	0	50	0	0
EL EULMA	Femelle	Janvier	40	0	0	120	30	0
EL EULMA	Mâle	Janvier	15	0	0	100	5	0
EL EULMA	Femelle	Janvier	5	10	0	245	0	0
EL EULMA	Mâle	Janvier	0	4	0	265	0	0
EL EULMA	Femelle	Janvier	50	5	0	80	0	0
EL EULMA	Mâle	Janvier	0	4	0	110	0	0
EL EULMA	Femelle	Février	40	0	0	60	30	0
EL EULMA	Mâle	Février	5	0	0	10	0	0
EL EULMA	Femelle	Février	40	0	0	30	0	0
EL EULMA	Mâle	Février	5	0	0	10	0	0
EL EULMA	Femelle	Février	80	0	0	30	5	0
EL EULMA	Mâle	Février	0	0	0	20	5	0
EL EULMA	Femelle	Mars	60	0	0	15	5	0
EL EULMA	Mâle	Mars	40	0	0	10	0	0
EL EULMA	Femelle	Mars	95	0	0	25	5	0
EL EULMA	Mâle	Mars	75	0	0	20	0	0
EL EULMA	Femelle	Mars	70	0	0	25	0	0
EL EULMA	Mâle	Mars	35	0	0	20	0	0
EL EULMA	Femelle	Mars	25	0	0	20	0	0
EL EULMA	Mâle	Mars	20	0	0	0	0	0
EL EULMA	Femelle	Mars	45	0	0	5	0	0
EL EULMA	Mâle	Mars	35	0	0	5	0	0
EL EULMA	Femelle	Avril	60	0	0	40	0	0
EL EULMA	Mâle	Avril	25	0	0	10	0	0
EL EULMA	Femelle	Avril	115	0	0	70	0	0
EL EULMA	Mâle	Avril	40	0	0	15	0	0
EL EULMA	Femelle	Avril	35	0	0	15	0	0
EL EULMA	Mâle	Avril	10	0	0	5	0	0
EL EULMA	Femelle	Juin	33	0	0	81	0	0
EL EULMA	Mâle	Juin	12	0	0	63	0	0
EL EULMA	Femelle	Juin	12	0	0	30	0	0
EL EULMA	Mâle	Juin	3	0	0	15	0	0

EL EULMA	Femelle	Juin	0	0	0	0	0	0
EL EULMA	Mâle	Juin	12	0	0	0	0	6
EL EULMA	Femelle	Juin	66	0	24	0	0	9
EL EULMA	Mâle	Juin	27	0	0	0	0	3
EL EULMA	Femelle	Juin	36	0	0	66	0	0
EL EULMA	Mâle	Juin	30	0	0	45	0	0
EL EULMA	Femelle	Juin	77	3	0	90	0	0
EL EULMA	Mâle	Juin	75	0	0	96	0	0
EL EULMA	Femelle	Juillet	48	0	0	0	0	0
EL EULMA	Mâle	Juillet	24	0	0	0	0	0
EL EULMA	Femelle	Juillet	48	0	0	0	0	3
EL EULMA	Mâle	Juillet	6	0	0	0	0	0
EL EULMA	Femelle	Juillet	15	0	6	39	0	0
EL EULMA	Mâle	Juillet	9	0	0	27	0	0
EL EULMA	Femelle	Juillet	27	0	12	6	0	0
EL EULMA	Mâle	Juillet	18	0	3	3	0	0
EL EULMA	Femelle	Juillet	42	0	12	3	0	6
EL EULMA	Mâle	Juillet	3	0	0	0	0	12
EL EULMA	Femelle	Juillet	93	0	6	0	24	0
EL EULMA	Mâle	Juillet	63	0	0	0	0	0
EL EULMA	Femelle	Juillet	12	0	0	39	0	0
EL EULMA	Mâle	Juillet	18	6	0	21	0	0
EL EULMA	Femelle	Juillet	138	0	9	9	0	6
EL EULMA	Mâle	Juillet	60	0	12	6	0	0
EL EULMA	Femelle	Aout	6	0	0	0	0	0
EL EULMA	Mâle	Aout	3	0	0	3	0	0
EL EULMA	Femelle	Aout	9	3	0	6	0	0
EL EULMA	Mâle	Aout	9	0	0	0	0	0
EL EULMA	Femelle	Aout	18	0	0	6	0	0
EL EULMA	Mâle	Aout	3	0	0	0	0	0
EL EULMA	Femelle	Aout	12	0	0	0	0	0
EL EULMA	Mâle	Aout	3	0	0	9	0	0
EL EULMA	Femelle	Aout	3	0	0	6	0	0
EL EULMA	Mâle	Aout	0	0	0	9	0	0
EL EULMA	Femelle	Aout	39	0	0	0	0	0
EL EULMA	Mâle	Aout	12	0	0	6	0	0
EL EULMA	Femelle	Aout	9	0	0	6	0	0
EL EULMA	Mâle	Aout	3	0	0	9	0	0
SETIF	Femelle	Novembre	75	75	0	0	0	5
SETIF	Mâle	Novembre	75	0	0	45	0	0
SETIF	Femelle	Novembre	20	20	0	0	0	5
SETIF	Mâle	Novembre	20	0	0	30	0	5

SETIF	Femelle	Novembre	25	25	0	0	0	0
SETIF	Mâle	Novembre	25	0	0	32	0	52
SETIF	Femelle	Décembre	55	30	0	340	0	0
SETIF	Mâle	Décembre	55	0	0	325	0	0
SETIF	Femelle	Décembre	200	20	0	260	210	0
SETIF	Mâle	Décembre	200	0	0	320	20	0
SETIF	Femelle	Décembre	0	5	0	175	0	0
SETIF	Mâle	Décembre	0	0	0	170	0	0
SETIF	Femelle	Janvier	70	20	0	455	0	0
SETIF	Mâle	Janvier	35	6	0	305	0	0
SETIF	Femelle	Janvier	5	0	0	290	0	0
SETIF	Mâle	Janvier	0	0	0	340	0	0
SETIF	Femelle	Février	15	0	0	50	5	0
SETIF	Mâle	Février	60	0	0	25	15	0
SETIF	Femelle	Février	5	0	0	25	0	0
SETIF	Mâle	Février	10	0	0	10	0	0
SETIF	Femelle	Février	10	0	0	10	0	0
SETIF	Mâle	Février	0	0	0	15	0	0
SETIF	Femelle	Février	5	0	0	21	120	0
SETIF	Mâle	Février	5	50	5	0	20	0
SETIF	Femelle	Mars	165	10	0	25	30	0
SETIF	Mâle	Mars	135	7	0	10	10	0
SETIF	Femelle	Mars	55	0	0	35	45	0
SETIF	Mâle	Mars	180	0	0	25	5	0
SETIF	Femelle	Mars	50	5	0	125	5	0
SETIF	Mâle	Mars	20	7	0	45	5	0
SETIF	Femelle	Mars	275	0	0	135	110	0
SETIF	Mâle	Mars	180	0	0	55	100	5
SETIF	Femelle	Avril	55	0	0	50	0	0
SETIF	Mâle	Avril	50	0	0	20	0	0
SETIF	Femelle	Avril	280	0	0	15	0	0
SETIF	Mâle	Avril	205	0	0	15	0	0
SETIF	Femelle	Avril	115	0	0	45	0	0
SETIF	Mâle	Avril	120	0	0	90	0	5
SETIF	Femelle	Avril	15	0	0	60	15	0
SETIF	Mâle	Avril	10	0	0	15	0	0
ANNABA	Mâle	Octobre	6	0	0	3	0	0
ANNABA	Femelle	Octobre	24	0	0	6	0	0
ANNABA	Mâle	Octobre	3	0	0	3	0	0
ANNABA	Femelle	Octobre	51	0	0	6	3	15

ANNABA	Mâle	Octobre	39	0	0	6	0	0
ANNABA	Femelle	Janvier	3	0	0	3	0	0
ANNABA	Mâle	Janvier	0	0	0	3	0	0
ANNABA	Femelle	Janvier	3	0	0	9	0	0
ANNABA	Mâle	Janvier	0	0	0	3	0	0
ANNABA	Femelle	Janvier	0	0	0	30	0	0
ANNABA	Mâle	Janvier	0	0	0	9	0	0
ANNABA	Femelle	Février	39	0	15	0	39	0
ANNABA	Mâle	Février	21	0	9	0	39	0
ANNABA	Femelle	Février	30	0	0	0	39	0
ANNABA	Mâle	Février	15	0	0	0	39	0
ANNABA	Femelle	Février	6	0	0	3	3	0
ANNABA	Mâle	Février	9	0	0	3	3	0
ANNABA	Femelle	Février	9	0	0	0	0	6
ANNABA	Mâle	Février	15	0	0	0	0	9
ANNABA	Femelle	Février	0	0	0	0	0	0
ANNABA	Mâle	Février	0	0	0	0	0	0
ANNABA	Femelle	Mars	42	9	54	33	9	0
ANNABA	Mâle	Mars	57	6	33	21	9	0
ANNABA	Femelle	Mars	57	24	21	24	0	0
ANNABA	Mâle	Mars	75	3	24	12	0	0
ANNABA	Femelle	Mars	3	0	0	0	0	0
ANNABA	Mâle	Mars	3	0	0	0	0	0
ANNABA	Femelle	Mars	0	0	0	0	0	0
ANNABA	Mâle	Mars	0	0	0	6	0	0
ANNABA	Femelle	Avril	3	0	0	12	0	0
ANNABA	Mâle	Avril	0	0	0	9	0	0
ANNABA	Femelle	Avril	0	0	0	6	0	0
ANNABA	Mâle	Avril	0	0	0	6	0	0
ANNABA	Femelle	Avril	3	0	0	0	0	0
ANNABA	Mâle	Avril	0	0	0	0	0	0
ANNABA	Femelle	Avril	0	0	0	0	0	0
ANNABA	Mâle	Avril	0	0	0	0	0	0
ANNABA	Femelle	Mai	30	0	12	6	0	0
ANNABA	Mâle	Mai	24	0	0	3	0	0
ANNABA	Femelle	Mai	9	0	15	0	0	0
ANNABA	Mâle	Mai	6	0	9	0	0	0
ANNABA	Femelle	Mai	0	0	0	6	0	3
ANNABA	Mâle	Mai	0	0	0	0	0	3
ANNABA	Femelle	Mai	3	0	9	0	3	0
ANNABA	Mâle	Mai	0	0	15	0	0	0
ANNABA	Femelle	Mai	0	0	0	0	0	0

ANNABA	Mâle	Mai	0	0	0	3	0	0
ANNABA	Femelle	Mai	39	0	0	0	6	0
ANNABA	Mâle	Mai	21	0	0	0	0	0
ANNABA	Femelle	Juin	72	9	15	0	3	0
ANNABA	Mâle	Juin	36	0	3	0	0	0
ANNABA	Femelle	Juin	45	0	0	45	3	0
ANNABA	Mâle	Juin	27	0	0	12	0	0
ANNABA	Femelle	Juin	6	0	0	6	0	0
ANNABA	Mâle	Juin	0	3	0	0	0	0
ANNABA	Femelle	Juin	30	0	3	0	3	3
ANNABA	Mâle	Juin	15	0	0	0	0	0
ANNABA	Femelle	Juin	54	3	3	6	9	0
ANNABA	Mâle	Juin	42	0	0	0	3	0
ANNABA	Femelle	Juin	45	0	0	60	6	0
ANNABA	Mâle	Juin	48	0	0	39	0	0
ANNABA	Femelle	Juillet	6	0	6	0	0	0
ANNABA	Mâle	Juillet	0	0	3	0	0	0
ANNABA	Femelle	Juillet	15	0	39	0	0	0
ANNABA	Mâle	Juillet	6	0	9	0	0	0
ANNABA	Femelle	Juillet	6	0	0	12	0	0
ANNABA	Mâle	Juillet	3	0	0	9	0	0
ANNABA	Femelle	Juillet	6	0	3	3	0	0
ANNABA	Mâle	Juillet	9	0	0	0	0	0
ANNABA	Femelle	Juillet	6	0	0	6	0	3
ANNABA	Mâle	Juillet	0	0	3	0	0	0
ANNABA	Femelle	Juillet	18	0	3	36	0	3
ANNABA	Mâle	Juillet	15	3	0	27	0	0
ANNABA	Femelle	Aout	6	0	0	6	3	0
ANNABA	Mâle	Aout	9	3	3	33	0	0
ANNABA	Femelle	Aout	6	0	9	18	0	0
ANNABA	Mâle	Aout	12	3	3	15	3	3
ANNABA	Femelle	Aout	9	3	3	0	0	0
ANNABA	Mâle	Aout	9	3	3	33	0	0
ANNABA	Femelle	Aout	9	0	3	15	6	0
ANNABA	Mâle	Aout	3	0	3	0	0	0
ANNABA	Femelle	Aout	6	0	0	12	0	0
ANNABA	Mâle	Aout	6	3	9	9	6	3
MILA	Femelle	Novembre	0	0	0	9	0	0
MILA	Mâle	Novembre	0	0	0	6	0	0
MILA	Femelle	Novembre	3	0	0	18	0	0
MILA	Mâle	Novembre	0	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Novembre	6	0	0	18	0	0

MILA	Mâle	Novembre	0	0	0	3	0	0
MILA	Femelle	Novembre	0	0	0	9	0	0
MILA	Mâle	Novembre	0	0	0	3	0	0
MILA	Femelle	Novembre	0	0	0	6	0	0
MILA	Mâle	Novembre	0	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Décembre	6	0	0	18	0	0
MILA	Mâle	Décembre	0	0	0	3	0	0
MILA	Femelle	Décembre	6	0	0	3	0	0
MILA	Mâle	Décembre	0	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Décembre	6	0	0	3	0	0
MILA	Mâle	Décembre	0	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Janvier	0	0	0	12	0	0
MILA	Mâle	Janvier	0	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Janvier	3	0	0	6	0	0
MILA	Mâle	Janvier	0	0	0	3	0	0
MILA	Femelle	Janvier	24	0	0	3	0	0
MILA	Mâle	Janvier	9	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Février	3	0	0	3	0	0
MILA	Mâle	Février	6	0	0	3	0	0
MILA	Femelle	Février	6	0	0	6	0	0
MILA	Mâle	Février	6	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Février	3	0	0	3	0	0
MILA	Mâle	Février	3	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Février	9	0	0	9	0	0
MILA	Mâle	Février	0	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Mars	9	0	0	0	120	0
MILA	Mâle	Mars	0	0	0	0	24	0
MILA	Femelle	Mars	0	0	0	3	0	0
MILA	Mâle	Mars	0	0	0	12	0	0
MILA	Femelle	Mars	24	0	0	3	0	0
MILA	Mâle	Mars	0	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Avril	18	0	0	18	15	0
MILA	Mâle	Avril	3	0	0	0	9	0
MILA	Femelle	Avril	18	6	0	18	0	0
MILA	Mâle	Avril	27	0	0	6	0	0
MILA	Femelle	Avril	18	0	0	0	0	0
MILA	Mâle	Avril	3	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Avril	27	3	3	1	0	0
MILA	Mâle	Avril	3	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Mai	30	9	0	0	0	0
MILA	Mâle	Mai	12	3	0	0	15	0
MILA	Femelle	Mai	9	0	0	3	3	0

MILA	Mâle	Mai	9	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Mai	21	0	0	9	9	0
MILA	Mâle	Mai	6	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Mai	0	0	0	6	0	0
MILA	Mâle	Mai	0	0	0	27	3	0
MILA	Femelle	Mai	0	0	0	0	6	0
MILA	Mâle	Mai	6	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Juin	15	0	3	3	0	0
MILA	Mâle	Juin	12	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Juin	21	6	0	9	6	0
MILA	Mâle	Juin	6	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Juin	24	15	6	24	6	0
MILA	Mâle	Juin	24	3	0	0	0	0
MILA	Femelle	Juin	6	3	3	0	6	0
MILA	Mâle	Juin	3	0	0	0	3	0
MILA	Femelle	Juillet	9	0	0	24	3	0
MILA	Mâle	Juillet	3	0	0	3	0	0
MILA	Femelle	Juillet	18	3	0	15	3	0
MILA	Mâle	Juillet	9	3	0	0	3	0
MILA	Femelle	Juillet	3	0	0	66	0	0
MILA	Mâle	Juillet	3	0	0	69	0	0
MILA	Femelle	Juillet	6	0	0	33	0	0
MILA	Mâle	Juillet	3	0	0	39	3	0
MILA	Femelle	Juillet	27	0	0	12	9	0
MILA	Mâle	Juillet	6	0	0	3	0	0
MILA	Femelle	Juillet	6	0	0	12	6	0
MILA	Mâle	Juillet	6	0	0	0	0	3
MILA	Femelle	Aout	24	0	0	0	3	0
MILA	Mâle	Aout	6	0	0	0	0	0
MILA	Femelle	Aout	6	0	0	6	6	0
MILA	Mâle	Aout	0	0	0	3	0	0
MILA	Femelle	Aout	3	0	0	27	3	0
MILA	Mâle	Aout	0	0	0	12	0	0
MILA	Femelle	Aout	3	0	0	33	0	0
MILA	Mâle	Aout	3	0	0	15	0	3
MILA	Femelle	Aout	27	0	0	9	0	0
MILA	Mâle	Aout	0	3	0	0	0	0
MILA	Femelle	Aout	0	0	0	0	0	0
MILA	Mâle	Aout	3	0	0	0	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Novembre	63	25	0	13	0	0
FERDJIOUA	Mâle	Novembre	25	0	0	5	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Novembre	62	0	0	38	0	0

FERDJIOUA	Mâle	Novembre	25	0	0	5	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Novembre	83	0	0	17	0	0
FERDJIOUA	Mâle	Novembre	25	0	0	5	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Décembre	40	0	0	60	0	0
FERDJIOUA	Mâle	Décembre	10	0	0	15	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Décembre	25	0	0	75	0	0
FERDJIOUA	Mâle	Décembre	5	0	0	15	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Décembre	67	0	0	33	0	0
FERDJIOUA	Mâle	Décembre	30	0	0	15	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Décembre	71	0	0	29	0	0
FERDJIOUA	Mâle	Décembre	25	0	0	10	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Janvier	310	5	0	85	860	0
FERDJIOUA	Mâle	Janvier	190	2	0	40	80	0
FERDJIOUA	Femelle	Janvier	350	0	0	45	150	0
FERDJIOUA	Mâle	Janvier	15	0	0	15	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Janvier	90	0	0	15	40	0
FERDJIOUA	Mâle	Janvier	15	0	0	5	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Février	85	5	0	15	55	0
FERDJIOUA	Mâle	Février	15	25	0	0	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Février	80	0	0	75	5	0
FERDJIOUA	Mâle	Février	15	0	0	40	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Février	45	10	0	15	340	0
FERDJIOUA	Mâle	Février	110	8	0	10	10	0
FERDJIOUA	Femelle	Février	130	10	0	20	545	0
FERDJIOUA	Mâle	Février	75	11	0	10	30	0
FERDJIOUA	Femelle	Mars	150	0	0	25	380	0
FERDJIOUA	Mâle	Mars	20	0	0	0	5	0
FERDJIOUA	Femelle	Mars	130	0	0	25	160	0
FERDJIOUA	Mâle	Mars	100	0	0	10	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Mars	110	0	0	15	165	0
FERDJIOUA	Mâle	Mars	35	0	0	15	10	0
FERDJIOUA	Femelle	Mars	125	0	0	35	100	0
FERDJIOUA	Mâle	Mars	35	0	0	25	15	0
FERDJIOUA	Femelle	Avril	70	0	0	10	20	0
FERDJIOUA	Mâle	Avril	50	0	0	5	0	0
FERDJIOUA	Femelle	Avril	110	0	0	0	20	0
FERDJIOUA	Mâle	Avril	50	0	10	0	10	0
FERDJIOUA	Femelle	Avril	40	0	0	15	40	0
FERDJIOUA	Mâle	Avril	0	0	5	0	15	0
FERDJIOUA	Femelle	Avril	20	0	0	20	40	0
FERDJIOUA	Mâle	Avril	30	0	0	5	0	0
GRAREM	Femelle	Novembre	100	0	0	0	0	0

GRAREM	Mâle	Novembre	15	0	0	0	0	5
GRAREM	Femelle	Novembre	40	5	0	0	0	0
GRAREM	Mâle	Novembre	20	20	0	0	0	0
GRAREM	Femelle	Novembre	175	0	0	0	0	0
GRAREM	Mâle	Novembre	70	0	0	15	0	0
GRAREM	Femelle	Novembre	100	15	0	0	0	0
GRAREM	Mâle	Novembre	75	17	0	0	0	0
GRAREM	Femelle	Janvier	85	0	0	0	0	0
GRAREM	Mâle	Janvier	35	0	0	0	0	5
GRAREM	Femelle	Janvier	35	0	0	0	0	0
GRAREM	Mâle	Janvier	15	0	0	0	0	0
GRAREM	Femelle	Janvier	70	0	0	10	0	0
GRAREM	Mâle	Janvier	60	0	0	0	0	0
GRAREM	Femelle	Février	30	0	0	0	3100	25
GRAREM	Mâle	Février	35	0	0	0	1315	5
GRAREM	Femelle	Février	230	0	0	0	2340	5
GRAREM	Mâle	Février	140	0	0	0	320	5
GRAREM	Femelle	Février	5	0	0	0	320	0
GRAREM	Mâle	Février	0	0	0	0	130	0
GRAREM	Femelle	Février	85	0	0	10	0	0
GRAREM	Mâle	Février	95	0	0	15	0	0
GRAREM	Femelle	Mars	25	0	0	125	30	0
GRAREM	Mâle	Mars	5	0	0	70	0	0
GRAREM	Femelle	Mars	135	0	0	0	0	0
GRAREM	Mâle	Mars	75	0	0	0	0	0
GRAREM	Femelle	Mars	155	0	0	50	975	25
GRAREM	Mâle	Mars	50	0	0	5	50	15
GRAREM	Femelle	Mars	90	0	20	150	35	0
GRAREM	Mâle	Mars	30	0	5	60	0	0
GRAREM	Femelle	Avril	235	0	0	0	30	0
GRAREM	Mâle	Avril	150	0	0	0	10	0
GRAREM	Femelle	Avril	335	0	0	0	110	0
GRAREM	Mâle	Avril	225	0	0	10	30	0
GRAREM	Femelle	Avril	465	0	0	20	0	0
GRAREM	Mâle	Avril	160	0	0	15	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Novembre	15	15	0	255	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Novembre	0	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Novembre	0	0	0	150	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Novembre	0	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Novembre	0	15	0	75	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Novembre	0	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Novembre	50	15	0	0	0	0

SOUKAHRAS	Mâle	Novembre	0	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Décembre	15	0	0	90	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Décembre	0	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Décembre	5	5	0	235	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Décembre	0	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Décembre	10	0	0	140	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Décembre	0	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Janvier	25	0	0	140	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Janvier	15	0	0	190	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Janvier	10	0	0	190	0	15
SOUKAHRAS	Mâle	Janvier	30	0	0	65	0	25
SOUKAHRAS	Femelle	Janvier	5	10	0	235	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Janvier	15	0	0	250	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Janvier	410	0	0	30	1850	0
SOUKAHRAS	Mâle	Janvier	280	0	0	15	580	0
SOUKAHRAS	Femelle	Février	0	0	0	50	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Février	55	5	0	25	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Février	16	0	0	90	5	0
SOUKAHRAS	Mâle	Février	55	5	0	25	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Février	50	0	0	60	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Février	55	5	0	25	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Février	60	0	0	35	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Février	55	5	0	25	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Mars	25	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Mars	20	0	0	95	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Mars	75	0	0	0	40	0
SOUKAHRAS	Mâle	Mars	20	0	0	390	5	5
SOUKAHRAS	Femelle	Mars	440	0	0	10	0	65
SOUKAHRAS	Mâle	Mars	335	0	10	220	0	90
SOUKAHRAS	Femelle	Avril	25	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Avril	5	0	0	0	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Avril	65	0	0	5	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Avril	20	0	0	15	0	0
SOUKAHRAS	Femelle	Avril	220	0	0	80	70	0
SOUKAHRAS	Mâle	Avril	185	0	0	30	25	0
SOUKAHRAS	Femelle	Avril	110	5	0	155	0	0
SOUKAHRAS	Mâle	Avril	70	0	0	60	0	0
EL ANCER	Femelle	Novembre	0	0	3	21	3	3
EL ANCER	Mâle	Novembre	9	0	3	0	3	0
EL ANCER	Femelle	Novembre	0	0	0	0	0	3
EL ANCER	Mâle	Novembre	0	0	0	0	0	0
EL ANCER	Femelle	Novembre	0	0	0	0	0	0

EL ANCER	Mâle	Novembre	6	0	6	0	0	3
EL ANCER	Femelle	Novembre	0	0	0	0	12	3
EL ANCER	Mâle	Novembre	0	0	0	0	3	0
EL ANCER	Femelle	Décembre	21	0	0	3	0	6
EL ANCER	Mâle	Décembre	0	0	0	0	0	0
EL ANCER	Femelle	Décembre	3	0	0	6	0	3
EL ANCER	Mâle	Décembre	0	0	0	0	0	0
EL ANCER	Femelle	Janvier	3	0	0	6	0	0
EL ANCER	Mâle	Janvier	0	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Septembre	6	3	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Septembre	15	5	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Septembre	12	6	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Septembre	15	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Septembre	6	4	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Septembre	6	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Septembre	12	6	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Septembre	0	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Octobre	12	0	0	9	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Octobre	12	0	0	9	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Octobre	15	0	0	24	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Octobre	3	3	0	24	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Octobre	0	0	0	6	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Octobre	0	0	0	6	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Octobre	0	0	0	9	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Octobre	0	0	0	9	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Novembre	69	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Novembre	63	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Novembre	49	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Novembre	9	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Novembre	60	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Novembre	15	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Novembre	49	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Novembre	21	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Décembre	0	0	3	21	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Décembre	3	0	0	9	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Décembre	0	0	0	45	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Décembre	0	0	0	15	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Décembre	0	0	0	45	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Décembre	0	0	0	42	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Décembre	0	0	0	6	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Décembre	0	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Juin	6	3	3	6	0	0

HASSI MESSAOUD	Mâle	Juin	3	0	0	0	0	0
HASSI MESSAOUD	Femelle	Juin	3	3	3	3	0	0
HASSI MESSAOUD	Mâle	Juin	0	0	0	0	0	0
BISKRA	Femelle	Janvier	0	0	0	9	0	0
BISKRA	Mâle	Janvier	0	0	0	9	0	0
BISKRA	Femelle	Janvier	0	0	0	90	0	0
BISKRA	Mâle	Janvier	0	0	0	24	0	0
BISKRA	Femelle	Février	3	0	0	0	0	0
BISKRA	Mâle	Février	0	0	0	0	0	0
BISKRA	Femelle	Mars	0	0	0	3	0	0
BISKRA	Mâle	Mars	0	0	0	12	0	0
BISKRA	Femelle	Mars	24	0	0	3	0	0
BISKRA	Mâle	Mars	0	0	0	0	0	0
BISKRA	Femelle	Avril	3	0	3	6	0	0
BISKRA	Mâle	Avril	3	0	0	0	0	0
BISKRA	Femelle	Avril	0	0	0	0	0	0
BISKRA	Mâle	Avril	0	0	0	3	0	0
BISKRA	Femelle	Mai	3	6	0	0	0	0
BISKRA	Mâle	Mai	0	0	0	0	0	0
BISKRA	Femelle	Juin	3	0	0	18	0	0
BISKRA	Mâle	Juin	0	0	0	9	0	0
BISKRA	Femelle	Octobre	0	3	0	3	0	0
BISKRA	Mâle	Octobre	0	0	0	3	0	0
BISKRA	Femelle	Octobre	0	3	0	3	0	0
BISKRA	Mâle	Octobre	0	0	0	3	0	0
BISKRA	Femelle	Novembre	3	0	0	3	0	0
BISKRA	Mâle	Novembre	3	3	0	0	0	0
BISKRA	Femelle	Décembre	33	0	0	9	0	0
BISKRA	Mâle	Décembre	15	0	0	0	0	0
BISKRA	Femelle	Décembre	12	0	0	3	0	0
BISKRA	Mâle	Décembre	0	0	0	0	0	0
BISKRA	Femelle	Décembre	0	0	0	60	0	0
BISKRA	Mâle	Décembre	9	0	0	21	0	0
BISKRA	Femelle	Décembre	6	0	0	18	0	0
BISKRA	Mâle	Décembre	6	0	0	6	0	0

Annexe 2

Coefficients de corrélation de Spearman des espèces parasitaires avec les variables climatiques

RAIN: pluviométrie, EMBERGER: indice d'Emberger, VAR: Ensemble des variables, MM: *Marshallagia marshalli*, TC: *Teladorsagia circumcincta*, TRIC: *Trichostrongylus sp.*, OSTER: *Ostertagia ostertagi*, HAEM: *Haemonchus sp.*, WORMTOT: nombre total des parasites, PCMAR: proportion de *Marshallagia marshalli*, PCTEL: proportion de *Teladorsagia circumcincta*, PCTRIC: proportion de *Trichostrongylus sp.*, PCHAEM: proportion de *Haemonchus sp.*, PCOST: proportion de *Ostertagia ostertagi*.

	RAIN	VAR	M_o	EMBERGER	TC	OSTER	MM
RAIN	.	,1787**	,2475***	,8885***	,0939	,0633	-,1672**
VAR	,1787**	.	,8536***	,3701***	-,1040	,2757***	-,4048***
M_o	,2475***	,8536***	.	,2881***	-,0678	,1387*	-,4057***
EMBERGER	,8885***	,3701***	,2881***	.	,0110	,2378***	-,2363***
TC	,0939	-,1040	-,0678	,0110	.	,1103*	,1959***
OSTER	,0633	,2757***	,1387*	,2378***	,1103*	.	-,1347*
MM	-,1672**	-,4048***	-,4057***	-,2363***	,1959***	-,1347*	.
TRIC	,2988***	,1431**	,1795**	,2689***	,4228***	,1442**	,0593
HAEM	,1386*	,0107	,0555	,1691**	,0746	,1507**	-,1612**
WORMTOT	,0664	-,1888***	-,1537**	-,0297	,8204***	,0689	,5319***
PCMAR	-,2349***	-,2697***	-,2897***	-,2376***	-,5650***	-,2565***	,5962***
PCTEL	,0477	,1011	,1186*	,0238	,5608***	,0694	-,4577***
PCTRIC	,3188***	,1584**	,1863***	,2910***	,3828***	,1544**	,0378
PCHAEM	,1351*	,0136	,0544	,1720**	,0204	,1473**	-,1725**
PCOST	,0583	,2876***	,1503**	,2361***	,0916	,9967***	-,1452**
	TRIC	HAEM	WORMTOT	PCMAR	PCTEL	PCTRIC	PCHAEM
RAIN	,2988***	,1386*	,0664	-,2349***	,0477	,3188***	,1351*
VAR	,1431**	,0107	-,1888***	-,2697***	,1011	,1584**	,0136
M_o	,1795**	,0555	-,1537**	-,2897***	,1186*	,1863***	,0544
EMBERGER	,2689***	,1691**	-,0297	-,2376***	,0238	,2910***	,1720**
TC	,4228***	,0746	,8204***	-,5650***	,5608***	,3828***	,0204
OSTER	,1442**	,1507**	,0689	-,2565***	,0694	,1544**	,1473**
MM	,0593	-,1612**	,5319***	,5962***	-,4577***	,0378	-,1725**
TRIC	.	,0623	,4636***	-,3493***	,0128	,9920***	,0333
HAEM	,0623	.	,0472	-,2200***	-,0049	,0607	,9904***
WORMTOT	,4636***	,0472	.	-,1965***	,0829	,4238***	-,0080
PCMAR	-,3493***	-,2200***	-,1965***	.	-,7872***	-,3526***	-,2015***
PCTEL	,0128	-,0049	,0829	-,7872***	.	,0003	-,0230
PCTRIC	,9920***	,0607	,4238***	-,3526***	,0003	.	,0347
PCHAEM	,0333	,9904***	-,0080	-,2015***	-,0230	,0347	.
PCOST	,1322*	,1472**	,0494	-,2547***	,0657	,1437**	,1455**
	PCOST						
RAIN	,0583						
VAR	,2876***						
M_o	,1503**						
EMBERGER	,2361***						
TC	,0916						
OSTER	,9967***						
MM	-,1452**						
TRIC	,1322*						
HAEM	,1472**						
WORMTOT	,0494						
PCMAR	-,2547***						
PCTEL	,0657						
PCTRIC	,1437**						
PCHAEM	,1455**						
PCOST	.						

Probabilité : * : -.05 ** : -.01 *** : -.001

Annexe 3Morphométrie des œufs de *Marshallagia marshalli*

Œuf	Longueur	Largeur
	(μm)	(μm)
1	173.25	79.2
2	178.2	79.2
3	188.1	79.2
4	178.2	89.1
5	193	89.1
6	188.1	79.2
7	178.2	79.2
8	183.15	89.1
9	188.1	79.2
10	168.3	79.2
11	168.3	94
12	198	89.1
13	188.1	89.1
14	178.2	79.2
15	198	89.1
16	163.35	79.2
17	193	84.15
18	168.3	79.2
19	188.1	79.2
20	178.2	89.1
21	178.2	84.15
22	188.1	74.25

23	173.25	79.2
24	168.3	74.25
25	188.1	79.2
26	198	79.2
27	188.1	89.1
28	178.2	89.1
29	178.2	69.3
30	183.15	79.2
31	178.2	69.3
32	168.3	74.25
33	178.2	89.1
34	178.2	84.15
35	193	89.1
36	193	79.2
37	178.2	79.2
38	178.2	79.2
39	188.1	89.1
40	178.2	79.2
41	173.25	79.2
42	188.1	79.2
43	188.1	84.15
44	198	79.2
45	178.2	84.15
46	178.2	89.1
47	178.2	79.2
48	178.2	84.15
49	178.2	89.1

50	188.1	79.2
51	178.2	89.1
52	198	84.15
53	168.3	89.1
54	183.15	89.1
55	168.3	79.2
56	188.1	89.1
57	178.2	84.15
58	173.25	79.2
59	173.25	89.1
60	188.1	89.1
61	168.3	79.2
62	168.3	74.25
63	178.2	84.15
64	178.2	79.2
65	168.3	74.25
66	158.4	84.15
67	193	74.25
68	188.1	89.1
69	188.1	79.2
70	168.3	79.2
71	168.3	84.15
72	188.1	89.1
73	178.2	89.1
74	178.2	79.2
75	178.2	79.2
76	178.2	84.15

77	178.2	89.1
78	178.2	89.1
79	178.2	79.2
80	198	79.2
81	178.2	79.2
82	168.3	79.279.2
83	178.2	89.1
84	188.1	79.2
85	168.3	79.2
86	188.1	79.2
87	188.1	89.1
88	178.2	89.1
89	188.1	79.2
90	188.1	89.1
91	198	89.1
92	168.3	79.2
93	198	79.2
94	168.3	89.1
95	188.1	79.2
96	178.2	79.2
97	188.1	89.1
98	188.1	79.2
99	173.25	79.2
100	183.15	89.1

Annexe 4Morphométrie des larves infestantes de *Marshallagia marshalli***N° Portion distale Anus-queue Œsophage Pore exc-cb Longueur totale**

1	18	71	169	115	670
2	22	64	172	118	680
3	25	61	172	115	680
4	22	64	174	108	680
5	27	59	172	120	670
6	27	56	172	113	670
7	27	59	172	113	680
8	22	64	174	108	670
9	22	64	174	108	680
10	25	64	162	115	680
11	20	56	174	118	690
12	27	59	162	113	680
13	27	56	172	113	680
14	18	64	167	105	670
15	15	66	172	118	670
16	20	64	172	113	680
17	18	54	172	110	640
18	25	61	169	113	630
19	18	61	159	110	670
20	18	61	172	110	650
21	18	61	172	110	650
22	22	61	172	110	650
23	22	64	172	110	650
24	25	61	174	110	650
25	22	66	162	108	640
26	27	64	167	110	640
27	22	61	172	110	650
28	29	69	172	115	650
29	27	64	167	105	680
30	25	61	172	110	680
31	25	56	167	110	640
32	25	51	159	113	650
33	25	59	172	110	650

34	22	61	162	110	650
35	22	69	167	105	650
36	22	69	169	110	670
37	20	64	162	110	640
38	20	61	159	108	650
39	18	64	162	110	620
40	20	64	162	108	630
41	22	64	172	110	650
42	27	64	162	110	680
43	20	64	172	110	680
44	27	61	164	110	650
45	25	61	164	110	650
46	25	64	167	108	650
47	22	59	172	110	640
48	25	56	172	110	650
49	20	56	167	113	640
50	22	59	172	113	650
51	22	54	147	98	600
52	22	64	147	98	640
53	22	61	172	110	650
54	20	64	172	105	640
55	27	65	167	110	680
56	22	61	172	110	650
57	20	64	167	105	660
58	22	61	172	110	650
59	20	64	172	110	630
60	22	64	172	110	650
61	25	61	172	110	650
62	20	64	159	110	650
63	18	66	172	110	650
64	18	66	172	110	650
65	20	61	159	105	620
66	20	61	159	110	620
67	20	61	159	110	620
68	20	66	159	110	650
69	22	61	159	110	630
70	18	56	162	110	650
71	20	69	167	108	620
72	22	61	172	110	650
73	25	64	172	110	650
74	20	66	159	110	630
75	22	69	159	110	630
76	22	69	159	110	630

77	25	64	167	108	650
78	25	64	167	108	650
79	18	66	172	110	650
80	20	64	172	110	680
81	22	69	167	105	650
82	18	71	169	115	670
83	22	64	172	118	680
84	27	64	167	110	650
85	22	61	172	110	650
86	22	64	147	98	640
87	20	64	162	108	630
88	20	64	167	105	660
89	22	64	172	110	650
90	22	64	172	110	650
91	25	61	174	110	650
92	27	56	172	113	670
93	27	59	172	113	680
94	25	59	172	110	650
95	22	61	162	110	650
96	22	69	167	105	650
97	25	61	174	110	650
98	22	66	162	108	650
99	20	66	159	108	650
100	22	61	159	110	630
101	18	56	162	110	650
102	22	59	172	110	640
103	25	56	172	110	650
104	20	56	167	113	640
105	18	71	169	115	670
106	22	64	172	118	680
107	25	61	172	115	680
108	22	64	159	110	630
109	18	56	162	110	650
110	22	59	172	110	640
111	25	56	172	110	650
112	20	56	167	113	640
113	27	56	172	113	670
114	27	59	172	110	680
115	25	59	172	110	650
116	22	61	162	110	650
117	20	56	167	113	640
118	18	71	169	115	670
119	22	64	172	118	680

120	25	61	172	115	680
121	22	64	147	98	640
122	20	64	162	108	630
123	25	56	172	110	650
124	20	56	167	113	640
125	18	71	169	115	670
126	22	64	172	118	680
127	25	61	172	115	680

Résumés

Écologie, situations temporelle et spatiale en Algérie de *Marshallagia marshalli*, parasite des petits ruminants.

ZOUYED Ilhem

Marshallagia marshalli, nématode de la caillette des petits ruminants est peu connu. Il est associé au climat steppique. Les prévalences et intensités saisonnières des strongles de la caillette et leurs relations avec le climat ont été étudiées dans 12 abattoirs répartis sur 4 domaines bioclimatiques de l'Est algérien. L'abondance moyenne retrouvée était faible de 170 vers et les intensités étaient réparties à 37% pour *Marshallagia marshalli*, 37% pour *Teladorsagia circumcincta*, 16% pour *Trichostrongylus sp.*, 5% pour *Haemonchus contortus*, 3% pour *Ostertagia ostertagi* et 2% pour *Marshallagia occidentalis*.

La dynamique parasitaire était différente entre les domaines, notamment entre le subhumide et le semi-aride suggérant donc une gestion prophylactique distincte. Par le modèle linéaire général un effet saisonnier est observé dans le domaine subhumide pour *T. circumcincta* (en avril et mai), pour *M. marshalli* (juillet–août, puis novembre-décembre) et enfin pour *Trichostrongylus sp.* (janvier-février). Il n'y a pas de saisonnalité claire dans le semi-aride sauf pour *M. marshalli* en Décembre-Janvier. Tous les parasites étaient reliés à la température et la pluviométrie excepté *M. marshalli* où la relation était négative et non linéaire mais plutôt quadrique, suggérant une adaptation au climat varié local.

Les études biologiques et écologiques après infestation expérimentale par *M. marshalli* ont retrouvé une fécondité et prolificité faibles et une période pré patente plus longue que chez les autres trichostrongles. Le maximum de développement observé dans les conditions optimales, la possibilité d'éclosion à des températures aussi basses que 4°C, l'éclosion lente des œufs et la sensibilité des L3 à la dessiccation laissent penser que c'est le stade œuf qui est résistant.

L'étude des caractères morphologiques et morphométriques des larves ont permis la première description de la L3 observée en coproculture. Elle est distinguée notamment par une petite taille et la portion distale la plus courte parmi les espèces de strongles des ovins.

Ainsi par la présence importante de *M. marshalli* et sa chimiorésistance signalée, ce parasite se porte bien en Algérie, son impact est probable sur l'élevage ovin.

Mots clés : *Marshallagia marshalli*, trichostrongle, caillette, petits ruminants, climat, écologie, larve3.

***Mashallagia marshalli*: small ruminant's parasite; Ecology, temporal and spatial situations in Algeria**

ZOUYED Ilhem

Marshallagia marshalli, abomasum nematode of small ruminants is little known. It is associated to steppe climate. Prevalence and seasonal intensities of strongyles abomasum and their relations with climate were studied in 12 slaughterhouses over 4 bioclimatic areas of eastern Algeria. The average abundance was found to low; 170 and intensities were 37% for *Marshallagia marshalli*, 37% for *Teladorsagia circumcincta*, 16% for *Trichostrongylus sp.*, 5% for *Haemonchus contortus*, 3% for *Ostertagia ostertagi* and 2% for *Marshallagia occidentalis*. Parasite dynamics differed between areas particularly between the sub-humid and semi-arid thus suggesting a distinct prophylactic management.

The general linear model has demonstrated a seasonal effect in the sub-humid area for *T. circumcincta* (in April and May), for *M. marshalli* (July - August) and (November-December) and finally for *Trichostrongylus sp.* (January- February). There is no clear seasonality in the semi-arid except for *M. marshalli* in December- January. All parasites were correlated to temperature and rainfall except *M. marshalli* which had a negative and non-linear but rather quadratic, suggesting an adaptation to local varied climate.

Biological and ecological studies after experimental infection with *M. marshalli* regained a low fertility and prolificacy and a pre patent period longer than other trichostrongyles. The maximum development observed under optimal conditions, the possibility of hatching at temperatures as low as 4 ° C, the slow hatching and sensitivity of L3 desiccation suggests this is the stage egg that is resistant.

The study of morphological and morphometric characters of the larva led to the first description of the L3 observed in fecal culture. It is distinguished by a particularly small size and the shortest sheath tail among the species sheep's strongyles. By the significant presence of *M. marshalli* and reported drug resistance, this parasite is doing well in Algeria; its impact is evident on sheep farming.

Key words: *Marshallagia marshalli*, trichostrongyle, abomasum, small ruminants, climate, ecology, larva3.

البيئة، الأوضاع الزمانية الخاصة بـ *Marshallagia Marshalli* ، طفيلي معدة صغار المجترات

زويد الهام

لا يعرف إلا القليل عن *Marshallagia Marshalli* طفيلي معدة صغار المجترات المرتبط بمناخ السهوب.

الانتشار و الكثافة الموسمية للديدان المعدية وارتباطها بالمناخ قد درست في 12 مذبحا منتشرا عبر أربع 4 مناطق إقليمية في الشرق الجزائري.

متوسط الوفرة المسجلة كان ضعيفا طفيلي و الكثافات توزعت كما يلي : *Marshallagia marshalli* 37%، *Trichostrongylus. Sp*، 16%، *Haemonchus contortus*، 5%، *Teladorsagia circumcincta*، 3%، *Ostertagia ostertagi* و 2% *Marshallagia occidentalis*

ديناميكية الطفيليات كانت مختلفة بين المناطق خاصة بين الشبه رطب و الشبه جاف مما يوجه الى إدارة وقائية خاصة.

باستعمال نموذج GLM الإحصائي تبين وجود موسمية في المناطق الشبه رطبة لكل من *T.circumcincta* في شهري أفريل و ماي *M. marshalli* في جويلية أوت ثم في نوفمبر ديسمبر و أخيرا *Trichostrongylus. sp* في جانفي فيفري.

كل الطفيليات كانت مرتبطة بالحرارة و التساقط إلا *M.marshalli* أين كانت علاقتها سلبية و غير خطية بل من النوع التربيعي مما يدل على تكيفها مع الإقليم المحلي.

الدراسات البيولوجية والإيكولوجية بعد الإصابة التجريبية بـ *M.marshalli* أدت إلى تسجيل خصوبة متدنية بالإضافة إلى مدة حضانة أطول من غيرها من الطفيليات من نوع *Trichostrongyles*. من تسجيلاتنا للحد الأقصى للنمو المسجل في الظروف المثلى و إمكانية الإندلاع في درجات دنيا (4°C) مع الإندلاع البطيء للبيضات و حساسية اليرقات للجفاف يمكننا أن نقترح أن مرحلة البويضات هي الأكثر مقاومة.

دراسة الخصائص المورفولوجية و المورفومترية لليرقات مكنت من إعطاء أول وصف لليرقات L3 ، هذه الأخيرة تتميز بصغر حجمها و قصر جزءها القاصي مقارنة بطفيليات المعدة الأخرى.

في الختام يمكن القول أن *M.marshalli* يتواجد بشكل جيد بالجزائر ولديه مقاومة للمضادات الكيماوية فتأثيره مؤكد في ميدان تربية المواشي.

الكلمات المفتاحية: *Marshallagia marshalli*، طفيليات، معدة، صغار الماشية، مناخ، علم البيئة، يرقة، مورفولوجية.