

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



N° d'enregistrement:

/...../...../...../...../

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Sciences
en Sciences Agronomiques
Spécialité : Protection des végétaux

Inventaire de quelques arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire et étude de deux maladies (trypanosomose et fièvre Q) chez le dromadaire dans le Sud-est du Sahara algérien

Présentée et soutenue publiquement le 14/10/ 2021

Par : M^{me}. **BELLABIDI Meriem**

Devant le jury composé de :

M. GUEZOUL Omar	Pr	Univ. K.M. Ouargla	Président
M ^{me} . BRAHMI Karima	Pr	Univ. Tizi ousou	Directrice de Thèse
M ^{me} . BISSATI-BOUAFIA Samia	Pr	Univ. K.M. Ouargla	Co-directrice
M. BABELHADJ Baissa	MCA	E.N.S. Ouargla	Rapporteur
M. BENAÏSSA Mohamed Hocine	MRA	CRSTRA Touggourt	Rapporteur
M ^{me} . IDDER-IGHILI Hakima	MCA	Univ. K.M. Ouargla	Rapporteur
M. KERNIF Tahar	MR	Institut Pasteur Alger	Invité

Année Universitaire : 2020-2021

Inventaire de quelques arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire et étude de deux maladies (trypanosomose et fièvre Q) chez le dromadaire dans le Sud-est du Sahara algérien

L'inventaire de quelques arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire a été réalisé durant la période 2016-2019 dans trois régions de Sud-est du Sahara Algérien : Touggourt (33°06'00"Nord, 6°04'00"Est), El Oued (33°22'06"Nord, 6°52'03"Est) et Biskra (34°51'00"Nord, 5° 44'00"Est).

Nous avons choisi les poux de tête chez les populations scolarisées et les tiques chez les dromadaires et leur impact sur la santé humaine et animal. Cette étude nous a permis de constater que la pédiculose du cuir chevelu *Pediculus humanus* var. *capitis* n'épargne aucun établissement, avec une prévalence à 9,92% à partir de 119 écoliers infestés, âgés de 6 à 11 ans au niveau des écoles primaires de la région de Touggourt et celle d'El Oued. Les résultats ont montré une forte prévalence chez les filles (11,78%) que chez les garçons (2,49%).

Sur 630 animaux examinés, 400 dromadaires étaient infestés par les tiques d'où un taux d'infestation global d'environ 63,49%. La récolte des tiques nous a permis de collecter 2172 spécimens appartenant à 3 espèces (*Hyalomma dromedarii*, *Hyalomma impeltatum* et *Hyalomma anatolicum excavatum*). L'infestation a été plus fréquente chez les dromadaires adultes que chez les jeunes dromadaires et qu'elle était plus élevée chez les femelles que chez les mâles.

L'étude séro-épidémiologique a montré l'existence de deux principales pathologies chez les dromadaires, soit la fièvre Q et la trypanosomose. A l'aide de tests sérologiques et moléculaires ; des échantillons de sang de 184 dromadaires mâles et femelles ont été prélevés dans 3 régions du Sud-est du Sahara algérien et des échantillons de sérum ont été testés pour les anticorps contre *Coxiella burnetii* à l'aide d'un kit ELISA. Les 138 sérums positifs et un total de 60 tiques ont été testés par la PCR quantitative (qPCR) pour la détection de *C. burnetii*. La séroprévalence des anticorps contre *C. burnetii* était de 75,5%. L'analyse statistique a mis en évidence trois facteurs de risque potentiels associés à l'infection par la fièvre Q: la localisation géographique, la classe d'âge et la saison. Aucun ADN positif d'un échantillon de sang de dromadaires n'a été observé. Cependant, cinq individus d'*H.dromedarii*, une *H. impeltatum* et une *H. excavatum* ont été détectées positives pour l'ADN de *C.burnetii* par qPCR, avec un taux de prévalence global de 11,66% (7/60).

Un travail sur l'épidémiologie de la Trypanosomose à *T. evansi* a été effectué sur 184 dromadaires de tous âges dans les trois régions (Touggourt, El Oued et Biskra). La prévalence de l'infection a été déterminée à l'aide de la Card agglutination test for trypanosomosis. La séroprévalence était de 42,93% et variait selon les régions, l'âge des animaux et selon le sexe. La prévalence a été de 42,53% pour les femelles et 70% pour les mâles et significativement plus élevée chez les dromadaires âgés que chez les adultes et les jeunes.

Mots clés: *Pediculus humanus capitis*, Tique, Dromadaires, Fièvre Q, Trypanosomes, Sud-est du Sahara Algérien.

Abstract

Inventory of some arthropods of medical and veterinary interest and study of two diseases (trypanosomosis and Q fever) in dromedaries in the south-eastern Algerian Sahara

The inventory of arthropods of medical and veterinary interest was carried out during the period 2016-2019 in three regions of north-eastern Algerian Sahara: Touggourt (33°06 00 North, 6°04 00 East), El Oued (33°22 06 North, 6°52 03 East) and Biskra (34°51 00 North, 5°44 00 East).

We selected head lice from the educated populations and ticks from dromedaries and their impact on human and animal health. This study found that Pediculosis of the scalp *Pediculus humanus* var. *capitis* spares no institution, with a prevalence of 9.92% from 119 infested schoolchildren, aged 6 to 11 years at the level of primary schools in the region of Touggourt and that of El Oued. The results showed a high prevalence among girls (11.78%) than boys (2.49%).

Of the 630 animals examined, 400 dromedaries were infested with ticks, resulting in an overall infestation rate of approximately 63.49%. The collection of ticks allowed us to collect 2172 specimens belonging to 3 species (*Hyalomma dromedarii*, *Hyalomma impeltatum* and *Hyalomma anatolicum excavatum*). The infestation was more common in adult dromedaries than in young dromedaries and was higher in females than in males. Monitoring of tick infestation during the study seasons indicates that the pest load reaches its maximum during the spring, summer and autumn.

The sero-epidemiological study showed the existence of two main diseases in dromedaries: Q fever and trypanosomosis. Using serological and molecular tests; blood samples from 184 male and female dromedaries were collected from 3 regions of south-eastern Algerian Sahara and serum samples were tested for *Coxiella burnetii* antibodies using an ELISA kit. The 138 positive sera and a total of 60 ticks were tested by quantitative PCR (qPCR) for *C. burnetii*. Antibody seroprevalence against *C. burnetii* was 75.5%. The statistical analysis identified three potential risk factors associated with Q fever infection: geographic location, age class, and season. No positive DNA from a dromedary blood sample was observed. However, five individuals of *H.dromedarii*, *H. impeltatum*, and *H. excavatum* were detected positive for *C.burnetii* DNA by qPCR, with an overall prevalence rate of 11.66% (7/60).

Work on the epidemiology of Trypanosomosis in *T. evansi* was carried out on 184 dromedaries of all ages in the three regions (Touggourt, El Oued and Biskra). The prevalence of infection was determined using the Card agglutination test for trypanosomosis. Seroprevalence was 42.93% and varied by region, age of animals, and sex. Prevalence was 42.53% for females and 70% for males and significantly higher in elderly dromedaries than in adults and juveniles.

Key word: *Pediculus humanus capitis*, Tique, Dromedaries, Fever Q, trypanosomosis, southeastern Algerian Sahara.

الملخص

جرد بعض مفصليات الأرجل ذات الأهمية الطبية والبيطرية ودراسة مرضين (داء المثقبيات وحمى Q) في الإبل في جنوب شرق الصحراء الجزائرية

تم جرد مفصليات الأرجل ذات الأهمية الطبية والبيطرية خلال الفترة 2016-2019 في ثلاث مناطق في جنوب شرق الصحراء الجزائرية: تقرت (33 ° 06:00 شمالاً ، 6 ° 04 شرقاً) ، الوادي (33 ° 22:06 شمالاً ، 6 ° 52:03 شرقاً) ، وبسكرة (34 ° 51:00 شمالاً ، 5 ° 44 شرقاً).

لقد اخترنا قمل الرأس في الأطفال المتمدرسين والقراد في الإبل وتأثيره على صحة الإنسان والحيوان. سمحت لنا هذه الدراسة بملاحظة أن قمل فروة الرأس *Pediculus humanus var. capitis* لا يخلو من أي مؤسسة، حيث يبلغ معدل انتشاره 9.92% من 119 تلميذاً مصاباً ، تتراوح أعمارهم بين 6 سنوات و 11 سنة على مستوى المدارس الابتدائية في منطقة تقرت ومدارس الوادي. وأظهرت النتائج انتشاراً مرتفعاً بين الفتيات (11.78%) مقارنة بالأولاد (2.49%).

من بين 630 جمل تم فحصها ، أصيب 400 جمل بالقراد ، مما أدى إلى معدل إصابة إجمالي يقارب 63.49%. مكّنا حصاد القراد من جمع 2172 عينة تنتمي إلى 3 أنواع (*Hyalomma dromedarii* و *Hyalomma impeltatum* و *Hyalomma anatolicum excavatum*). كانت الإصابة أكثر شيوعاً في الإبل البالغة منها في الإبل الفتية وكانت أعلى في الإناث منها عند الذكور. كشفت مراقبة الإصابة بالقراد خلال الفصول الدراسية أن شحن الطفيلي يبلغ ذروته خلال الفصول الربيع والصيف والخريف.

أظهرت الدراسة الوبائية المصلي وجود مرضين رئيسيين للإبل هما حمى Q و داء المثقبيات. باستخدام الاختبارات المصلية والجزئية ، تم اخذ عينات دم من 184 ابل الذكور والإناث من 3 مناطق في جنوب شرق الصحراء الجزائرية وتم اختبار عينات مصل للأجسام المضادة لـ *Coxiella burnetii* باستخدام مجموعة ELISA. تم اختبار كل 138 مصلاً إيجابياً وتم اختبار 60 قراد بواسطة PCR الكمي (qPCR) لـ *C. burnetii* فكان معدل انتشار المصل المضاد ضد *C. burnetii* 75.5%. كشف التحليل الإحصائي عن ثلاثة عوامل خطر محتملة مرتبطة بعدوى حمى Q: الموقع الجغرافي، والفئة العمرية والفصول. لم يلاحظ أي حمض نووي إيجابي من عينة دم الإبل. ومع ذلك ، تم الكشف عن خمسة من قراد *H.dromedarii* و واحد *H. impeltatum* و واحد *H.anatolicum excavatum*. تم الكشف على ايجابية لـ *Coxiella burnetii* DNA بواسطة qPCR ، مع معدل انتشار إجمالي 11.66% (60/7).

تم إجراء العمل على وبائيات داء المثقبيات الإبل الذي تسببه *T. evansi* على 184 جمالاً من جميع الأعمار في المناطق الثلاث (تقرت، الوادي وبسكرة). تم تحديد انتشار العدوى باستخدام اختبار تراص البطاقة لمرض التريبانوزوما (CATT). بلغ معدل الانتشار المصلي 42.93% وتفاوت حسب المنطقة وعمر الحيوان والجنس. كان الانتشار 42.53% للإناث و 70% للذكور وأعلى بكثير في الجمل الأكبر منه في البالغين والحديثي الولادة.

الكلمات المفتاحية: قمل الرأس البشري ، القراد ، الإبل ، حمى Q ، داء المثقبيات، جنوب شرق الصحراء الجزائرية.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Louange à Dieu le clément, le miséricordieux, qui m'a donné le courage et la patience afin de mener à bien ce travail.

J'adresse mes vifs remerciements et ma profonde reconnaissance à ma directrice de thèse, **Madame le professeur BRAHMI K.**, qui a proposé ce thème, pour son encadrement, son aide, ses inestimables conseils et ses encouragements.

Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude à ma co-directrice de thèse, **Madame le professeur BISSATI-BOUAFIA S.** Elle m'a guidée avec de précieux conseils et de multiples suggestions. Ses critiques fructueuses ont été pour moi une source d'enrichissement. Son aide ainsi que sa disponibilité m'ont permis d'avancer dans le travail et de finaliser cette thèse.

A notre président de jury,

Monsieur GUEZOUL Omar Qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse. Hommages respectueux.

A notre jury de thèse,

Madame IDDER-IGHILI Hakima Merci d'avoir accepté de juger mon travail. Veuillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Monsieur BABELHADJ Baissa Qui a accepté de prendre ce travail en considération. Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude et de notre profond respect.

Monsieur BENAÏSSA Mohamed Hocine Qui nous a fait l'honneur d'accepter de participer à notre jury de thèse. Sincères remerciements.

A notre membre invité, **Monsieur le Dr. Kernif T.**, Qui nous a inspiré ce sujet de thèse et qui a porté un intérêt particulier à notre travail. Qu'il trouve ici l'expression de notre vive reconnaissance et de notre profond respect.

Nous remercions les différents laboratoires:

Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA)

Laboratoire d'Eco-Epidémiologie Parasitaire et Génétique des Populations. Institut Pasteur d'Alger, Annexe Dely Brahim, Algérie.

Table des matières

Table des matières	
	Page
Table des matières	i
Liste des figures	iv
Liste des photos	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des annexes	viii
Introduction	1
Chapitre 1- Synthèse bibliographique sur les poux, tiques et leurs importances médicales et vétérinaires	4
1.1.-Aperçu sur quelques ectoparasites d'intérêt médical et vétérinaire	4
1.1.1.- Généralités sur les poux de tête <i>Pediculus humanus capitis</i> (Gree, 1778)	4
1.1.1.1.- Systématique et morphologie	4
1.1.1.2.- Cycle biologique	5
1.1.1.3.- Nuisance des poux de tête	6
1.1.2. - Généralités sur les tiques	6
1.1.2.1.- Description morphologique	6
1.1.2.2.- Cycle évolutif	7
1.1.2.3.- Rôle pathogène	9
1.1.2.3.1.- Fièvre Q à <i>Coxiella burnetii</i> chez les dromadaires	9
1.1.2.3.1.1.- Généralités	9
1.1.2.3.1.2. - <i>Coxiella burnetii</i> , agent de la fièvre Q	10
1.1.2.3.1.3. - Méthodes de diagnostic de la fièvre Q	10
1.1.3.- Trypanosomose (<i>Trypanosoma evansi</i>) chez <i>Camelus dromedarius</i>	10
1.2.- Situation épidémiologique de la fièvre Q et trypanosomose en Algérie	11
Chapitre 2 - Matériels et méthodes	12
2.1.- Position géographique des régions d'étude	12
2.1.1. – Situation géographique de Touggourt	12
2.1.2. – Situation géographique d'El Oued	12
2.1.3. – Situation géographique de Biskra	12
2.2.- Données climatiques des régions d'étude	14
2.2.1.- Températures	14
2.2.2.- Précipitations	15
2.3.- Méthodes utilisées sur le terrain	16
2.3.1.- Collecte des poux	16
2.3.1.1.- Méthode et période d'échantillonnage	16
2.3.2.- Tiques chez les dromadaires	17
2.3.2.1.- Manipulation et récolte des tiques sur terrain	17
2.3.2.2.- Prélèvement sanguin des dromadaires	17
2.4.- Identification des poux de tête et des tiques	18
2.4.1.- Identification morphologique des poux de tête	18
2.4.2.- Identification morphologique des tiques	19
2.4.2.1.- Comptage et tri des tiques	19
2.4.2.2.- Identification des tiques	19

Table des matières

2.4.3.- Etude épidémiologique de quelques maladies chez les dromadaires	20
2.4.3.1.- Détection de la Fièvre Q	20
2.4.3.1.1.- Procédure du test sérologique par Indirect Enzyme-Linked Immunosorbent Assay	20
2.4.3.1.1.1.- Interprétation des résultats du test sérologique	22
2.4.3.1.2.- Détection moléculaire du sang et tiques par la RT-PCR	22
2.4.3.1.2.1.- Protocole d'extraction d'ADN du sang	22
2.4.3.1.2.2.- Protocole d'extraction d'ADN des tiques	22
2.4.3.1.2.3.- Préparation du mix de la PCR en temps réel	24
2.4.3.1.3.- Interprétation des résultats	24
2.4.3.2.- <i>Trypanosoma evansi</i> chez les dromadaires	26
2.4.3.2.1.- Procédure sérologique de test CATT/ <i>Trypanosoma evansi</i>	26
2.4.3.2.2.- Interprétation des résultats de test sérologique	26
2.5.- Indice parasitaire pour les poux de tête et les tiques	28
2.6.- Exploitation des résultats par les analyses statistiques	29
2.6.1.- Pour les ectoparasites	29
2.6.2.- Pour la fièvre Q et <i>Trypanosoma evansi</i>	30
Chapitre 3 – Résultats et discussions	31
3.1.- Exploitation des résultats par les indices parasitaires	31
3.1.1.- Poux de tête collectés chez les enfants scolarisés à Touggourt et El Oued	31
3.1.1.1.- Selon le sexe	33
3.1.1.2.- Poux de tête collectés chez les enfants scolarisés en fonction des classes d'âge à Touggourt et El Oued	36
3.1.2.- Tiques dures collectées à Touggourt, El Oued et Biskra	40
3.1.2.1.- Espèces inventoriées	40
3.1.2.1.1.- <i>H. dromedarii</i> (Koch, 1844)	40
3.1.2.1.2.- <i>H. impeltatum</i> (Schulze et Schlotke, 1930)	41
3.1.2.1.3.- <i>H. anatolicum excavatum</i> (Koch, 1844)	42
3.1.3.- Analyse par les indices parasitaires en fonction des régions prospectées	43
3.1.3.1.- Distribution des indices parasitaires des espèces parasites	46
3.1.3.2.- Distribution des indices parasitaires chez les espèces parasites chez les dromadaires à El Oued	47
3.1.3.3.- Distribution des indices parasitaires des espèces parasites chez les dromadaires à Biskra	49
3.1.4.- Evolution saisonnière des tiques chez les dromadaires dans les régions prospectées par des indices parasitaires	51
3.1.4.1.- Région de Touggourt	52
3.1.4.2.- Région d'El Oued	54
3.1.5.- Influence des facteurs de réceptivité et sensibilité sur l'infestation des dromadaires par les ectoparasites	57
3.1.5.1.- Influence du facteur sexe des dromadaires	57
3.1.5.2.- Influence du facteur âge des dromadaires	59
3.1.5.2.1.- Touggourt	59
3.1.5.2.2.- El Oued	61
3.1.5.2.3.- Biskra	62

Table des matières

3.2.- Séroprévalence de la fièvre Q et <i>Trypanosoma evansi</i>	64
3.2.1.- Fièvre Q chez les dromadaires dans les régions de Touggourt, El Oued et Biskra	64
3.2.1.1.- Séroprévalence de <i>Coxiella burnetii</i> chez les dromadaires en fonction des régions	64
3.2.1.2.- Séroprévalence de <i>Coxiella burnetii</i> en fonction du sexe	66
3.2.1.3.- Séroprévalence de <i>Coxiella burnetii</i> chez les dromadaires en fonction des classes d'âges	67
3.2.1.4.- Séroprévalence de la <i>Coxiella burnetii</i> par ELISA chez les dromadaires en fonction des saisons	68
3.2.2.- Détection moléculaire de <i>Coxiella burnetii</i> par qPCR	69
3.2.2.1.- Caractérisation moléculaire et analyse phylogénétique de <i>C. burnetii</i>	70
3.2.3.- Prévalence sérologique de <i>Trypanosoma evansi</i> chez les dromadaires dans les régions de Touggourt, El Oued et Biskra	73
3.2.3.1.- Séroprévalence globale de <i>Trypanosoma evansi</i> chez les dromadaires selon les régions	74
3.2.3.2.- Séroprévalence de <i>Trypanosoma evansi</i> chez les dromadaires en fonction du sexe	75
3.2.3.3.- Séroprévalence de <i>Trypanosoma evansi</i> chez les dromadaires en fonction des classes d'âges	77
3.2.3.4.- Séroprévalence de <i>Trypanosoma evansi</i> chez les dromadaires en fonction des saisons	78
Conclusion	80
Références bibliographique	82
Annexes	Viii

Listes des figures

N°	Titre des figures	Page
1	Morphologie générale d'une Ixodidae	7
2	Cycle de vie d' <i>Ixodes</i>	8
3	Carte géographique représentative des régions d'étude	13
4	Etapes de réalisation d'ELISA pour la détection des anticorps contre <i>Coxiella burnetii</i> dans le sérum de sang des dromadaires	21
5	Extraction de l'ADN génomique du sang et des tiques chez les dromadaires	23
6	Protocole expérimental de la RT-PCR du sang des dromadaires et des tiques	25
7	Exécution du Sérodiagnostic par CATT/ <i>T. evansi</i> de la trypanosomose	27
8	Répartition des indices parasitaires des poux chez les élèves infestés à Touggourt et à El Oued	32
9a	Répartition des prévalences parasitaires chez les élèves selon le sexe dans les régions de Touggourt et d'El Oued	34
9b	Répartition des charges parasitaires chez les élèves selon le sexe à Touggourt et à El Oued	35
10	Comparaison des prévalences entre les régions d'étude en fonction du sexe (test Wilcoxon)	36
11a	Répartition des indices parasitaires des poux collectés chez les enfants scolarisés à Touggourt en fonction des classes d'âges	37
11b	Répartition des indices parasitaires des poux collectés chez les enfants scolarisés à El Oued	38
12	Comparaison des prévalences entre les régions en fonction des classes d'âges par le test Wilcoxon	39
13a	Prévalence des ectoparasites collectés chez les dromadaires dans les régions prospectées	44
13b	Charge parasitaire des ectoparasites collectés chez les dromadaires dans les régions prospectées	45
14a	Répartition des prévalences parasitaires chez les dromadaires infestés à Touggourt	46
14b	Répartition des charges parasitaires chez les dromadaires infestés à Touggourt	47
15a	Répartition des prévalences (P%) parasitaires des espèces de tiques chez les dromadaires à El Oued	48
15b	Répartition des charges parasitaires chez les espèces de tiques à El Oued	49
16a	Prévalence des ectoparasites chez les dromadaires à Biskra	50
16b	Répartition des charges parasitaires chez les dromadaires infestés par les espèces de tiques à Biskra	50
17a	Distribution saisonnière des taux d'infestation à Touggourt	53
17b	Charge parasitaire saisonnière des dromadaires selon les tiques à Touggourt	54

18a	Répartition des prévalences parasitaires chez les dromadaires selon les espèces de tiques à El Oued	55
18b	Charge parasitaire saisonnière enregistrée selon les espèces de tiques dans la région d'El Oued	56
19a	Répartition du taux de prévalence en fonction du sexe des dromadaires	57
19b	Répartition de l'intensité parasitaire en fonction du sexe des dromadaires	58
19c	Répartition des abondances en fonction du sexe des dromadaires	58
20a	Répartition des prévalences des ectoparasites chez les dromadaires en fonction des classes d'âges à Touggourt	60
20b	Répartition des charges parasitaires des ectoparasites chez les dromadaires en fonction des classes d'âges à Touggourt	60
21a	Répartition du taux de prévalence en fonction des classes d'âges des dromadaires dans la région d'El Oued	61
21b	Répartition des charges parasitaires en fonction des classes d'âges des dromadaires à El Oued	62
22	Répartition des indices parasitaires en fonction des classes d'âges des dromadaires à Biskra	63
23	Répartition de la prévalence séropositive de la Fièvre Q (<i>Coxiella burnetii</i>) chez les dromadaires en fonction des régions	65
24	Répartition de la prévalence séropositive de la fièvre Q (<i>Coxiella burnetii</i>) chez les dromadaires en fonction des classes d'âges	67
25	Répartition de la prévalence séropositive de la fièvre Q chez les dromadaires en fonction des saisons	69
26	Répartition des dromadaires séropositifs de la fièvre Q et des tiques positives par qPCR dans les trois régions d'étude	71
27	Arbre phylogénétique de <i>Coxiella burnetii</i> avec des séquences partielles IS1111 utilisant le degré de signification composite maximale montrant la position des séquences révélées isolées de tiques infestant les dromadaires d'Algérie	72
28	Séroprévalence de <i>T. evansi</i> chez les dromadaires en fonction des régions	75
29	Séroprévalence de <i>T. evansi</i> chez les dromadaires selon le sexe	76
30	Séroprévalence de <i>T. evansi</i> chez les dromadaires selon les classes d'âges	77
31	Séroprévalence de <i>T. evansi</i> chez les dromadaires selon les saisons	79

Liste des photos

N°	Titre des photos	Page
1	Pou adulte <i>Pediculus humanus capitis</i>	4
2	Examen des cheveux des élèves	17
3	Prise de sang chez les dromadaires	18
4	Comptage, tri et identification des tiques	20
5a	Mâle <i>Hyalomma dromedarii</i> (vue dorsale) (1), (2) (vue ventrale)	41
5b	Femelle <i>Hyalomma dromedarii</i> gorgée de sang	41
6	Mâle <i>Hyalomma impeltatum</i> (1) (vue dorsale), (2) (vue ventrale)	42
7	<i>Hyalomma anatolicum excavatum</i> mâle (1) face dorsale (2) face ventrale	42

Liste des tableaux

N°	Titre des tableaux	Page
1	Données climatiques des régions de Touggourt (R ₁), El Oued (R ₂) et Biskra (R ₃)	14
2	Précipitations mensuelles et annuelles enregistrées dans les régions de Touggourt (R ₁), El Oued (R ₂) et Biskra (R ₃)	15
3	Répartition des indices parasitaires pour les poux en fonction des régions étudiées dans différentes écoles	31
4	Répartition des indices parasitaires pour les poux en fonction du sexe de l'élève	33
5a	Répartition des indices parasitaires des poux selon les classes d'âges à Touggourt	37
5b	Répartition des indices parasitaires des poux selon les classes d'âges à El Oued	38
6	Inventaire des tiques dures à Touggourt, El Oued et Biskra	40
7	Répartition des indices parasitaires des tiques chez les dromadaires en fonction des régions prospectées	44
8	Répartition des indices parasitaires à Touggourt	46
9	Répartition des indices parasitaires des espèces parasites à El Oued	47
10	Répartition des indices parasitaires des espèces de parasites chez les dromadaires à Biskra	49
11	Répartition saisonnière des indices parasitaires des tiques recensées à Touggourt	52
12	Répartition des indices parasitaires selon les saisons chez les dromadaires dans la région d'El Oued	54
13	Répartition des indices parasitaires en fonction du sexe	57
14	Répartition des indices parasitaires des dromadaires chez les différentes classes d'âges à Touggourt	59
15	Répartition des indices parasitaires des dromadaires chez les différentes classes d'âges à El Oued	61
16	Répartition des indices parasitaires des dromadaires chez les différentes classes d'âges à Biskra	62
17	Séroprévalence de la fièvre Q en fonction du site	64
18	Séroprévalence de la fièvre Q en fonction du sexe	66
19	Séroprévalence de la fièvre Q en fonction des classes d'âges	67
20	Répartition de la fièvre Q au cours des saisons	68
21	Détection moléculaire et caractérisation génétique de <i>Coxiella burnetii</i> chez les tiques	70
22	Séroprévalence de la Trypanosomiase à <i>Trypanosoma evansi</i> selon la région d'étude	74
23	Séroprévalence de <i>Trypanosoma evansi</i> chez les dromadaires en fonction du sexe	76
24	Séroprévalence de <i>Trypanosoma evansi</i> chez les dromadaires selon la classe d'âges	77
25	Séroprévalence de <i>Trypanosoma evansi</i> chez les dromadaires en fonction des saisons	78

Liste des annexes

Annexe 1 - Fiche d'enquête.....viii

Annexe 2- Procédures générales et conseils pour le test ELISA.....ix

Annexe 3- Protocole d'extraction d'ADN du sang et de tiques.....x

Annexe 4- Préparation du mix.....xi

Introduction

Introduction

Au cours de dizaines de millions d'années, les Arthropodes d'une part, les virus, bactéries et parasites d'autre part ont eu tout le loisir de se côtoyer et de nouer des relations de nature variée. Au fil de l'évolution des uns et des autres, certaines de ces relations ont abouti à la constitution de systèmes vectoriels impliquant des vertébrés, des arthropodes (insectes, acariens) et des micro-organismes. Dans le cadre de ces systèmes biologiques complexes, l'arthropode joue le rôle de vecteur, en assurant la transmission, d'un vertébré à un autre du micro-organisme, qu'il soit pathogène ou non pour le vertébré considéré. En outre, ce vecteur peut, dans certains cas, constituer pour le microorganisme un réservoir ou un disséminateur (**RODHAIN, 2015**).

Les parasites externes, ou ectoparasites, incluent une grande variété d'arthropodes parasites appartenant à l'ordre des Acariens (tiques, démodex, agents de gales...) ou à la classe des Insectes (puces, poux piqueurs et broyeurs, diptères nématocères ou brachycères). Les ectoparasites vecteurs sont susceptibles de transmettre de nombreux agents pathogènes infectieux aux animaux et à l'homme (**OTRANTO et al., 2009**). Depuis plusieurs décennies, des maladies vectorielles animales et humaines ont connu des bouleversements de leur épidémiologie. En effet, elles sont apparues dans de nouvelles régions du globe, provoquant des pertes économiques importantes et de graves problèmes de santé publique (**W.H.O., 2004**). Ces maladies sont dues à des agents infectieux (bactéries, virus, protozoaires, etc...), elles sont largement distribuées et peuvent se propager rapidement dans le monde entier.

Dans notre présent travail, nous avons choisi deux ectoparasites, l'un d'intérêt médical (poux) chez les populations scolarisées et l'autre vétérinaire (tiques) chez les dromadaires.

Les poux appartenant à l'espèce *Pediculus humanus* sont les mieux étudiés en raison notamment de l'intérêt médical qu'ils suscitent. La pédiculose du cuir chevelu, due à *Pediculus humanus capitis*, se caractérise par une incidence et une contagiosité importante en milieu scolaire et communautaire. Elle touche souvent les enfants entre 6 et 8 ans, mais elle peut aussi toucher les adultes indépendamment des conditions d'hygiène (**BROUQUI, 2011; IZRI et al., 2010; MELANIE, 2008**). Du fait de l'absence de gravité pour l'homme, ce dernier a négligé cet ectoparasite que l'on retrouve aujourd'hui aux quatre coins du globe. Depuis quelques temps, la pédiculose effectue un retour en force dans les écoles algériennes, où le risque de propagation est jugé élevé à Alger. Selon des sources concordantes, un certain nombre d'écoles dans la capitale, connaissent actuellement une invasion de poux

(**BOUKRAA, 2017**). Elle peut causer une détresse sociale importante, de l'anxiété parentale et de l'embarras pour l'enfant, sans parler des fréquentes absences scolaires (**NUTANSON et al., 2008**). Lors de la piqûre du cuir chevelu, le pou injecte sa salive contenant une substance anticoagulante pour faciliter la succion du sang. Ce qui a pour effet de provoquer une réaction allergisante chez l'hôte qui peut s'accompagner dans certains cas d'un prurit. Le prurit est le principal signe d'infestation par les poux de tête, son intensité peut perturber le sommeil, le travail en classe et le comportement de l'enfant. Dans les cas extrêmes, le grattage intense favorise l'inoculation microbienne par des germes présents sur les doigts et les ongles plus ou moins propres (staphylocoques ou streptocoques) et les lésions évoluent vers une surinfection. On doit systématiquement évoquer une pédiculose devant un impétigo ou une pyodermite du cuir chevelu (**IZRI, 2001 ; BONILLA et al., 2013**).

Concernant les tiques (*Acari: Ixodidae*) ; sont des arthropodes hématophages et des ectoparasites obligatoires qui portent un grand intérêt dans le domaine vétérinaire et médical, susceptibles d'infester tous types d'animaux domestiques et aucune espèce n'est spécifique à l'homme (**OLIVIER et al., 2017 ; PEREZ-EID, 2007**). La nuisance majeure de ces parasites est en rapport avec leur capacité de transmission d'agents pathogènes et aux pertes économiques liées aux chutes des productions (**JONGEJAN et UILENBERG, 2004 ; HOUNZANGBE-ADOTE et al., 2001**). Le dromadaire est fréquemment et sévèrement infesté par cet ectoparasite qui l'affaiblit et le rend sensible aux surinfections (**FAYE et al., 1997**), les infestations par les tiques sont quelquefois importantes (**RICHARD et al., 1984**). Le rôle pathogène de ces parasites chez le dromadaire, semble essentiellement lié à l'action traumatique (**KAUFFMAN, 1996 ; HIGGINS, 1986**). Les soins vétérinaires et les contrôles de biosécurité pour les dromadaires sont inférieurs à ceux du bétail plus traditionnel (par exemple, bovins, ovins, caprins). Ils peuvent entraîner des pertes de productivité, dues à la morbidité et la mortalité associées à la maladie, ainsi qu'une escalade potentielle de la transmission de la maladie entre les dromadaires, autres animaux d'élevage, animaux sauvages et humains. Il a été démontré que les dromadaires abritent des agents à potentiel zoonotique (*Coxiella burnetii*, *Brucella* spp., *Toxoplasma gondii*...ect) et / ou ceux qui peuvent être transmis entre les dromadaires, d'autres animaux d'élevage et la faune (langue bleue, anthrax, *Trypanosoma evansi* (**EL-HARRAK et al., 2011 ; MANS et al., 2008 ; AL-ANI et al., 1998 ; MUSTAFA, 1987**)).

L'objectif de la présente étude est d'une part de recenser le taux de parasitisme par les poux de tête chez les écoliers dans la région de Touggourt et la région d'El Oued, vue l'importance

les tiques comme espèces ectoparasites dans les fermes d'élevages des dromadaires et d'autre part par la détection sérologique de fièvre Q par ELISA et *Trypanosoma evansi* par la CATT
Détection moléculaire des *Coxiella burnetii* (fièvre Q) sur les tiques et le sang des dromadaires.

C'est dans cette démarche que s'inscrit notre étude. Dans une première partie, nous présenterons les 02 parasites à partir d'une étude bibliographique. La seconde partie est consacrée à la méthodologie adoptée sur terrain et au laboratoire et enfin la présentation des résultats et leurs discussions. Nous tenterons à la fin d'apporter ce travail par une conclusion et quelques perspectives et recommandations.

Chapitre 1 :

Synthèse bibliographique

Chapitre 1- Synthèse bibliographique sur les poux, tiques et leurs importances médicales et vétérinaires

Notre synthèse bibliographique, traite des poux de tête chez l'homme, des tiques chez les dromadaires et étude de deux maladies (fièvre Q et trypanosomose) chez le dromadaire.

1.1. – Aperçu sur quelques ectoparasites d'intérêt médical et vétérinaire

Dans cette partie nous présentons des généralités sur les poux de tête et les tiques chez les dromadaires.

1.1.1. - Généralités sur les poux de tête *Pediculus humanus capitis* (Gree, 1778)

1.1.1.1. – Systématique et morphologie

D'après **A.N.O.F.E.L. (2007)**, les poux de tête ont la classification suivante

Règne : Animal

Embranchement : Arthropodes

Sous- embranchement : Mandibulates

Classe : Insectes

Sous-classe : Aptérygote

Ordre : Anoploures

Famille : Pediculidae

Genre : *Pediculus*

Espèce : *Pediculus humanus var capitis* (Gree, 1778)

Le pou de tête est un petit insecte, avec un exosquelette constitué de chitine, un polysaccharide azoté qui associé au carbonate de calcium rend l'exosquelette rigide. Son corps est divisé en 3 parties dont la tête porte des appendices servant à l'alimentation, le thorax qui est divisé en trois segments dont chaque partie porte une paire de pattes, et enfin l'abdomen qui représente 2/3 de la longueur totale (**BONILLA et al., 2013**). Ces pattes sont munies de fortes griffes, formées par des segments rigides, reliés les uns aux autres par des

articulations (**PILLON et KESSELLER, 2009**). Ce parasite aptère, de couleur grise ou brune et rouge après un repas sanguin, aplati dorso-ventralement, mesure 2 à 4 mm de long et il est adapté à une vie parasitaire stricte (**DANIS et al., 2007**). La femelle (longueur de 2 à 3,3 mm et largeur de 1 mm) est légèrement plus grande que le mâle (longueur de 2,1–2,6 mm et largeur de 0,7 mm) (**DURDEN, 2002**) (**Photo 1**).



Photo 1- Pou adulte *Pediculus humanus capitis* (Gr.x40)

1.1.1.2. – Cycle biologique

Mâles, femelles et larves, les poux de tête sont hématophages et se nourrissent exclusivement du sang humain qu'ils prélèvent en piquant le cuir chevelu 4 à 10 fois par jour (**BURGESS, 2004 ; BONILLA et al., 2013**). Les poux s'accouplent plusieurs fois au cours de leur vie. La durée de vie moyenne d'un pou de tête est de 6 à 8 semaines. Durant cette période, la femelle est capable de pondre de 3 à 10 œufs par jour, appelés lentes. Ainsi, un pou femelle va pondre durant sa vie de 300 à 400 lentes (**WALL et SHEARER, 2001**). Entre son éclosion et le stade adulte, il se déroule douze à quinze jours, ce qui correspond à 3-4 jours pour chaque stade (**IZRI et CLEMENT-RIGOLET, 2004**). A chaque stade, la cuticule de chitine devient plus grande pour permettre la croissance de l'insecte. Le stade larvaire se déplace peu et est peu contaminant. A l'issue de la dernière mue, la larve devient imago, c'est à ce moment-là qu'il est possible de déterminer le sexe de l'individu (**A.N.O.F.E.L., 2007**). Le stade adulte est le plus mobile (jusqu'à trente centimètres par minute) en rampant. Il reste sur le cuir chevelu ou accroché aux cheveux grâce à ses pattes. La femelle est fécondée quelques heures après la dernière mue. Ce stade est le stade contaminant qui peut donc changer d'hôte en rampant d'une chevelure à une autre ou indirectement par des

objets. Il peut également réaliser un nouveau cycle sur le même hôte. Il se déroule ainsi dix-huit à vingt jours entre la ponte de l'œuf et l'apparition de l'adulte, ce qui fait du pou une espèce à reproduction rapide et abondante (AREZKI et GUIGUEN, 2013).

1.1.1.3. – Nuisance des poux de tête

Le pou de tête, *Pediculus capitis*, est le plus répandu dans toutes les classes sociales, tous les âges, et tous les continents. Il est responsable d'une nuisance bénigne, mais qui constitue un problème thérapeutique et économique en raison des nombreux échecs des traitements, des recontaminations fréquentes, du coût élevé des médicaments et de l'absence d'une politique spécifique de lutte (IZRI et CLEMENT-RIGOLET, 2004). D'après ABDOU (2015), le symptôme le plus fréquemment associé aux poux de tête est la démangeaison. Il est le résultat d'une réaction allergique à la salive du pou après s'être nourri du sang de son hôte. Les autres signes sont des excoriations ou des petites lésions de grattage. Des indices sur la présence de poux sont des démangeaisons persistantes, qui augmentent avec le temps ou qui deviennent plus importantes dans les trois premières heures de sommeil. Lors d'un examen de la tête, on devra prêter plus d'attention derrière les oreilles et dans la région postérieure et inférieure de la tête. On cherchera des petits « boutons » rougeâtres de 2-3 mm ou des signes de grattage. Si la démangeaison a été intense et le grattage répété, des petits ulcères ou croûtes peuvent être également présents, elles constituent les signes d'une surinfection ou d'une complication secondaire.

1.1.2. - Généralités sur les tiques

Cette partie est consacrée à la connaissance des principaux ectoparasites du dromadaire tant du point de vue morphologique que biologique.

1.1.2.1. – Description morphologique

La larve, la nymphe et l'adulte présentent un corps d'aspect globuleux sans limite nette entre les parties antérieure et postérieure, piriforme, aplati dorso-ventralement à jeun et plus ovoïde après un repas sanguin (MOREL, 2000). Il est composé de deux parties, le gnathosoma en avant et l'idiosome en arrière (GUIGUEN et DEGEILH, 2001). Le gnathosoma constitue la partie antérieure du corps. Il comprend la base du rostre, sclérifiée (basis capituli ou capitulum), pouvant prendre une forme triangulaire, rectangulaire, trapézoïdale, hexagonale ou pentagonale et le rostre, lui-même composé de différents éléments (Fig.1). La base du rostre des adultes est développée et fixée sur des pièces

sclérifiées formant le capitulum dont la pièce basale s'articule dans une échancrure du corps (MAMADOU, 2012). Les caractères morphologiques du rostre sont des éléments essentiels à la détermination des espèces de tiques dures et à la compréhension du rôle pathogène. On distingue des tiques longirostres (rostre nettement plus long que large) et des tiques brévirostrières (rostre s'inscrivant grossièrement dans un carré) (PEREZ-EID, 2007).

La face ventrale de l'idiosoma porte les quatre paires d'appendices locomoteurs (sauf chez la larve qui n'en compte que trois paires), composés de six articles formant la hanche ou coxa (utilisée pour la diagnose), puis le trochanter, la patella ou genua, le tibia et le tarse se terminant par une ventouse et deux griffes, leur permettant un déplacement sur les objets lisses verticaux (BLARY, 2004 ; BOURDEAU, 1993b). Ces pattes s'insèrent sur le corps via les quatre paires de hanches ou coxa sclérifiée, situées latéralement et antérieurement, numérotées de I à IV de l'avant à l'arrière. Ces coxa peuvent présenter 1 ou 2 épines. Quand elles sont présentes, ces épines, plus ou moins longues seront utilisées comme critère de diagnose (Fig. 1) (CHERMETTE et BUSSIERAS, 1991).

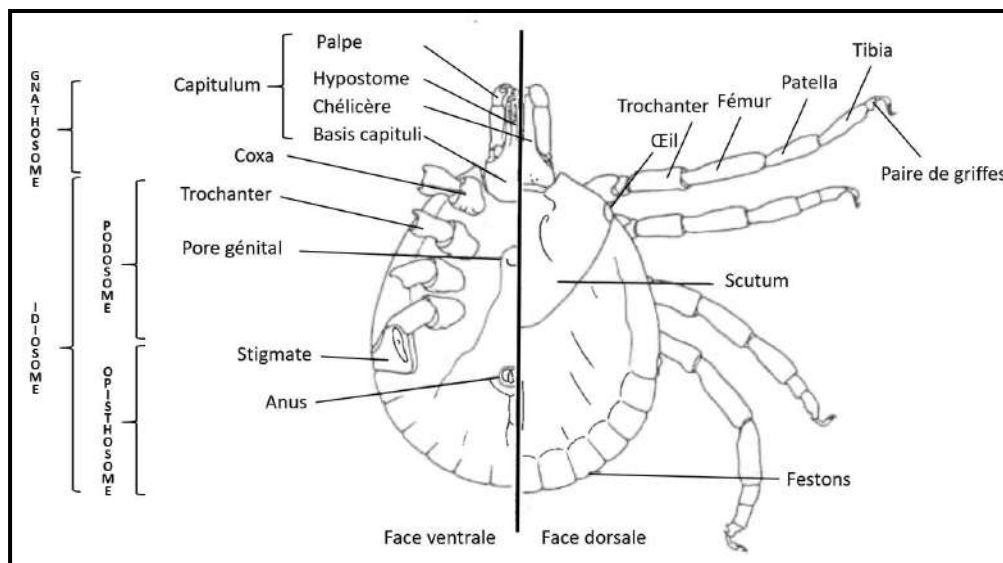


Figure 1- Morphologie générale d'une Ixodidae (RODHAIN et PEREZ-EID, 1985)

1.1.2.2. - Cycle évolutif

Les tiques dures passent par quatre stades évolutifs : l'œuf, la larve, la nymphe, puis l'adulte. Les trois derniers sont qualifiés de stases et vont donc présenter des morphologies différentes (BLARY, 2004). Les tiques dures sont des parasites temporaires, dont le cycle de développement comporte une alternance de phase parasitaire (phase alimentaire) sur l'hôte et de phase libre au sol (BOULOUIS et MAILLARD, 2003 ;

UMEMIYA *et al.*, 2012 ;RISCO-CASTILLO, 2018). La ponte de l'œuf se fait chez toutes les espèces au sol après l'accouplement, qui a lieu sur l'hôte ; habituellement la femelle pond en des endroits abrités (Fig.2). Les œufs éclosent en 20 à 60 jours selon l'espèce et la température d'incubation (BARRE, 2003).

Le temps d'incubation varie avec l'espèce, la température ambiante, un défaut d'humidité ; une variation brusque de température peut tuer les œufs. En hiver tempéré, les œufs sont au repos. En général, ce temps dure de 20 à 50 jours. L'œuf éclot et donne la larve (YAPI, 2007). Les larves, après avoir éliminé tous les déchets résultant de l'embryogénèse, partent en quête d'un hôte pour prendre leur repas, ou entrent en diapause, pour ne reprendre leur cycle de vie que lorsque les conditions sont favorables. Après un repas de 3 à 12 jours ou plus selon l'espèce et les conditions ambiantes, elles se détachent et tombent au sol pour se métamorphoser en nymphe après 2 à 8 semaines en moyenne (SOCOLOVSCHI *et al.*, 2008) (Fig.2). La nymphe présente le même comportement pour une deuxième métamorphose complète, et de la pupa sortira après 5 à 25 semaines un adulte mâle ou femelle (MOREL, 2000 ; CHARTIER *et al.*, 2000 ; APANASKEVICH *et OLIVER*, 2014). Les adultes, après un temps de durcissement et de repos, se mettent à la recherche de l'hôte. La durée du repas sanguin est plus longue, mais elle dépend également de la température et de l'humidité. L'accouplement a lieu pendant le repas, parfois au niveau du sol mais le plus souvent sur l'hôte. La femelle fécondée et gorgée, se détache et pond et le mâle reste longtemps sur l'hôte après le départ de la femelle et peut être transporté d'une région à l'autre lors des transhumances (MAMADOU, 2012).

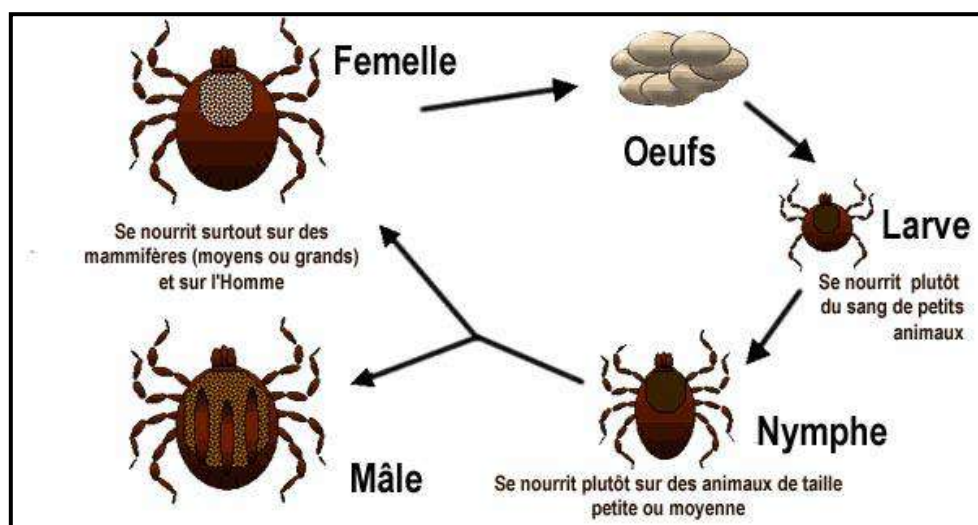


Figure 2- Cycle de vie d'*Ixodes* (d'après le H.C.S.P., 2012)

1.1.2.3. - Rôle pathogène

Les tiques représentent un problème important en élevage car elles peuvent transmettre aux dromadaires infestés, des agents pathogènes responsables de maladies potentiellement graves ou ayant des répercussions économiques sérieuses.

Ces ectoparasites sont de très importants vecteurs. Ils transmettent à l'homme et à l'animal des maladies bactériennes, virales et parasitaires (**GEFFRAY et PARIS, 2001**). De nombreuses zoonoses impliquent la tique dans leur cycle de transmission comme la Babésiose, l'Anaplasmose, la Theilerioses et la Fièvre Q. Cette dernière maladie fait l'objet de notre présente étude.

1.1.2.3.1.- Fièvre Q ou coxiellose à *Coxiella burnetii* chez les dromadaires

1.1.2.3.1.1.- Généralités

La fièvre Q fut décrite pour la première fois en 1935 par le Dr. Edward Derrick suite à l'apparition d'un syndrome grippal inexpliqué chez des ouvriers d'un abattoir de Brisbane en Australie (**DERRICK, 1983**). La fièvre Q (ou coxiellose) est largement répandue dans le monde, à l'exception de la Nouvelle-Zélande. L'agent causal, *Coxiella burnetii*, est présent pratiquement dans tout le règne animal, y compris les arthropodes. Les ruminants domestiques sont considérés comme les principaux réservoirs de *C. burnetii*, mais des chats, des chiens, des lapins, des oiseaux, etc. auraient également été impliqués dans des maladies infections / humaines. Il existe des preuves épidémiologiques et expérimentales claires que l'infection est principalement transmise par inhalation de particules d'aérosol desséchées et par exposition à proximité d'animaux infectés, de leurs tissus reproducteurs ou d'autres produits d'origine animale, comme la laine (**AUBRY et GAÜZERE, 2017 ; E.C.D.C., 2010 ; GREENSLADE et al., 2003 ; LANG, 1990 ; MUSNIER, 2003**). Elle est transmise aux ruminants par les tiques et d'autres arthropodes piqueurs mais il existe cependant d'autres voies de contamination (**A.C.E.R.S.A, 2007**).

L'ingestion a souvent été suggérée, en particulier par la consommation de produits laitiers dérivés du lait cru contaminer, mais aucune bonne preuve n'a montré de transmission significative aux humains par les aliments. La fièvre Q semble également très rarement transmissible d'une personne à l'autre, bien qu'une exposition pendant l'accouchement, par transmission sexuelle ou transfusion sanguine soit possible. Chez les animaux, une transmission verticale et une transmission sexuelle peuvent se produire mais leur importance

n'est pas connue (O.I.E., 2018). Le dromadaire est soupçonné de jouer un rôle clé dans la transmission de la fièvre Q aux humains, non seulement en raison de la forte prévalence de la coxiellose chez ces animaux, mais également en raison de la vaste tradition de consommation de lait de chamelle cru dans toute la péninsule arabe (HUSSEIN *et al.*, 2008).

1.1.2.3.1.2. - *Coxiella burnetii*, agent de la fièvre Q

Coxiella burnetii est une bactérie intracellulaire stricte, à Gram négatif. Elle a été historiquement classée dans la famille des Rickettsiaceae. Cependant, les recherches phylogénétiques, basées principalement sur l'analyse de la séquence d'ARNr 16s, ont montré que le genre *Coxiella* est éloigné du genre *Rickettsia* de la subdivision alpha des Proteobacteria (DRANCOURT et RAOULT, 2005). *Coxiella burnetii* a été placée dans la famille des Coxiellaceae, dans l'ordre des Legionellales de la subdivision gamma des Proteobacteria. Le séquençage complet du génome de *C. burnetii* a été réalisé et confirme sa position systématique (ASADI *et al.*, 2013; SESHADRI *et al.*, 2003). Elle réside dans les cellules myéloïdes et prospère à l'intérieur du phagolysosome, donc après fusion entre les lysosomes et le phagosome, dans un environnement très acide (OTMANI, 2013). *Coxiella burnetii* est retrouvée dans les sécrétions animales, les déjections et surtout le placenta et les lochies. Elle se maintient très bien et très longtemps dans la paille, dans le sol après dessiccation et plus d'un an dans les déjections de tiques, déposées sur le pelage des animaux.

1.1.2.3.1.3. – Méthodes de diagnostic de la fièvre Q

Aujourd'hui les techniques les plus couramment utilisées dans la détection de *C. burnetii* en élevages sont l'ELISA et la RT-PCR. Les tests sérologiques ne permettent pas d'établir un diagnostic, de dater l'exposition de l'animal au pathogène (infection active ou ancienne), ni de déterminer si l'animal a été vacciné ou s'il s'est infecté naturellement (AURELIEN, 2017).

1.1.3. – Trypanosomose (*Trypanosoma evansi*) chez *Camelus dromedarius*

Trypanosoma evansi est un protozoaire, parasite extracellulaire du sang, ou plus rarement des tissus. C'est un Flagellé kinétoplastida appartenant à la famille des Trypanosomatidés, et au sous-genre *Trypanozoon*. *Trypanosoma evansi* provoque une Trypanosomose, appelée dans de nombreux pays Surra, et son nom arabe El-debad. *Trypanosoma evansi* est un parasite sanguin affectant de nombreuses espèces animales à travers le monde. Des espèces économiquement importantes sont ainsi affectées dont

principalement le dromadaire en Afrique, provoquant d'importantes pertes économiques, probablement sous-estimées (JOSHI et al., 2006 ; O.I.E., 2018 ; MERLIN, 2018 ; VANHOLLEBEKE et al., 2006).

La transmission chez le dromadaire se fait principalement par des insectes piqueurs hématophages, pour la plupart de la famille des Tabanidae (DESQUESNES et al., 2013). Les Tabanides qui ne peuvent porter sur leurs pièces buccales que 0,01 µl de sang, ne transmettraient le parasite que lors de forte parasitémie chez l'hôte. La mouche se contamine en effectuant son repas sanguin sur un animal infecté. La douleur engendrée par la piqûre peut entraîner une réaction de défense de la part du dromadaire, interrompant le repas sanguin du vecteur, qui va réinjecter le parasite contenu dans ses pièces buccales à un autre animal au début du repas sanguin suivant, lors de l'injection de salive anticoagulante. Le parasite atteint rapidement la circulation sanguine, où il se multiplie, à partir du lac sanguin créé par la piqûre. Lors de stades avancés, il sort de la circulation sanguine pour atteindre divers tissus extravasculaires tels que les nœuds lymphatiques, le cerveau, le liquide céphalo-rachidien, les organes génitaux, les yeux, le liquide synovial d'une articulation ou encore le placenta (RODHAIN et PEREZ, 1985 ; VERGNE, 2009).

1.2.- Situation épidémiologique de la fièvre Q et trypanosomose en Algérie

En Algérie, le premier cas de la fièvre Q humaine a été signalé en 1951 dans le nord-est du pays chez les fonctionnaires des abattoirs (BERNARD et al., 1963). Sa gravité potentielle sur la santé publique et ses conséquences sur l'élevage, en font une maladie animale à déclaration obligatoire en Algérie, néanmoins la maladie reste mal connue (DECHICHA et al., 2010 ; LACHEHEB, 2008). Il existe quelques données sur sa prévalence dans l'espèce bovine (DECHICHA et al., 2010), mais très peu d'études semble avoir concerné l'espèce ovine (RAHAL et al., 2011; AOUADI et al., (2017) et LEULMI et al., (2016) en Nord Algérien chez la chauve-souris. Alors qu'en Algérie aucune étude n'a été effectuée sur la fièvre Q chez les dromadaires que BENAÏSSA et al. (2017) au Sud Algérien.

Concernant la *T. evansi* a été détecté pour la première fois en 1903 chez des dromadaires infectés (SERGENT et SERGENT, 1905). Depuis lors, peu d'études ont été réalisées sur les dromadaires, et la plupart ont été menées dans une zone géographique limitée avec un nombre limité d'échantillons (BENFODIL et al., 2020 ; BENNOUNE et al., 2013 ; BOUSHAKI et al., 2019 et BENAÏSSA et al., 2020) ; ces études ont seulement conclu que l'hémoparasite peut être détecté dans des échantillons de sang.

Chapitre 2 :

Matériels et méthodes

Chapitre 2 - Matériels et méthodes

Dans ce chapitre nous présenterons les régions d'étude (Touggourt, El Oued et Biskra) et leurs caractéristiques climatiques, ainsi que les méthodes de travail sur le terrain, au laboratoire et celles relatives à l'exploitation des résultats.

2.1. - Position géographique des régions d'étude

2.1.1. – Situation géographique de Touggourt

Touggourt, la capitale historique de la région de l'Oued Righ se situe entre le grand Erg Oriental au Sud – est, la zone de Chotts au Nord et l'Ouest par des dunes de sable (**Fig. 3**) (**DUBOST, 2002**). Elle est située entre les latitudes 32°54' à 34°9' Nord et les longitudes Est 5°30' et 6°20'. L'altitude moyenne est d'environ 70 m (**MOUAN, 2009**).

2.1.2. – Situation géographique d'El Oued

EL Oued, se situe à 600 km au Sud- est de la capitale Alger, au Nord-est de la partie septentrionale du Sahara (32°30' à 33°90' Nord; 6°65' à 8°40' Est). Située, à une altitude moyenne de 75 m (**Fig.3**), elle est limitée par la zone des Chotts Melghir et Merouane au Nord ; l'extension de l'erg oriental au Sud, la vallée de Oued-Righ à l'Ouest et la frontière tunisienne à l'Est (**A.N.D.I., 2014**).

2.1.3. – Situation géographique de Biskra

La région de Biskra (Ziban) est située au Nord-est du Sahara algérien. Elle constitue la transition entre le domaine montagneux du Nord et les grands plateaux présahariens du Sud (**BOUTOUGA, 2012**) (**Fig. 3**). Elle se situe dans le Nord-est de la partie septentrionale du Sahara, au pied du massif des Aurès et des monts du Zab (Ziban) entre les latitudes 34° 51' Nord ; 5° 44' Est et à une altitude moyenne de 87 m (**ZEROUAL et al., 2016**).

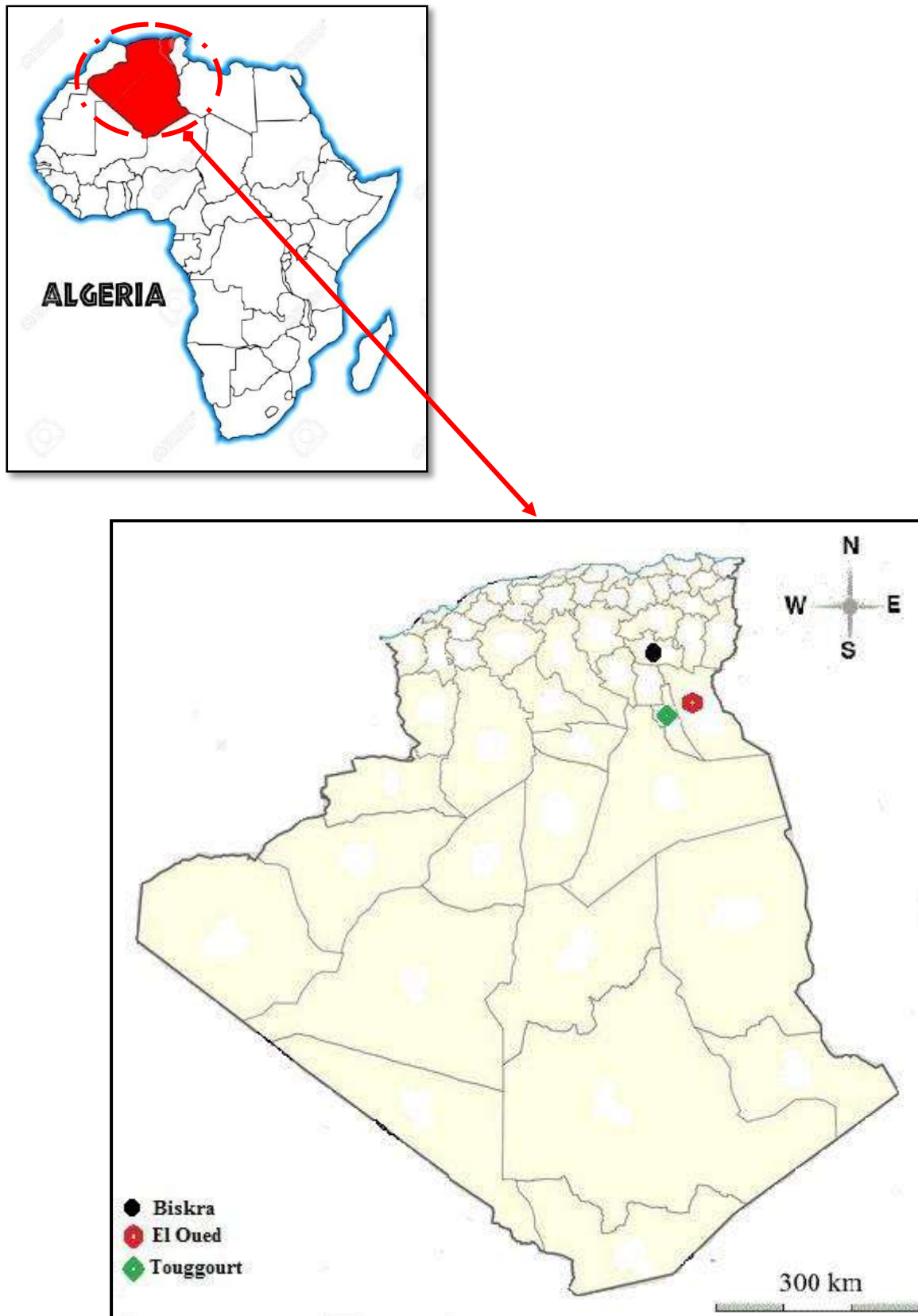


Figure 3 - Carte géographique (modifiée) représentative des régions d'étude
(LITAMINE, 2019)

2.2. Données climatiques des régions d'étude

Le climat des contrées désertiques est de type saharien aride, si l'on considère sa pauvreté en végétation, la sécheresse de l'air, le manque d'eau en surface et l'irrégularité des précipitations (DJIOUA, 2011 ; DAJOZ, 1970). Notre étude climatologique est basée essentiellement sur les températures et les précipitations, facteurs influençant les cycles de vie des parasites ainsi que la végétation des parcours, lieux des pâturages des dromadaires.

2.2.1.- Températures

Selon DREUX (1980); la température est un facteur écologique capital agissant sur la répartition géographique des espèces. Les températures mensuelles maxima, minima et moyennes enregistrées dans les régions d'étude sont regroupées dans le **tableau 1**.

Tableau 1- Températures mensuelles et annuelles enregistrées dans les régions de Touggourt (R₁), El Oued (R₂) et Biskra (R₃)

Années	T (°C.)	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	
R ₁	2016	M	20,4	21,8	24,2	31	34,9	39,6	41,3	40	35,8	32,9	23,5	18,9
		m	4,9	7,8	9,1	15,6	19,9	23,9	26	25,9	23	18,8	9,7	7,8
		(M+m)/2	12,7	14,8	16,7	23,3	27,4	31,8	33,7	33	29,4	25,9	16,6	13,4
	2017	M	16,2	21,1	24,8	28	35,3	38,4	41,4	40,6	34,7	28,4	21,5	17,6
		m	3,4	7,9	10,5	14,3	20,9	24,3	26,2	25,6	20,5	15,4	8,9	4,9
		(M+m)/2	9,8	14,5	17,7	21,2	28,1	31,4	33,8	33,1	27,6	21,9	15,2	11,3
	2018	M	19,2	18,1	24,7	28,9	32,4	37,2	45,1	38	36,9	28,8	22,6	19,1
		m	6	6,8	11,2	14,9	18,9	23,4	29,5	25,7	23,4	16,3	9,8	5,5
		(M+m)/2	12,6	12,5	18	21,9	25,7	30,3	37,3	31,9	30,2	22,6	16,2	12,3
	2019	M	17,2	18,8	23	28,6	31	40,9	42,4	41,9	37,1	30,2	22,3	20,3
		m	3,2	5,0	9,4	14,4	17,6	26,2	28	28,4	23,6	16,6	9,1	7
		(M+m)/2	10,2	11,9	16,2	21,5	24,3	33,6	35,2	35,2	30,4	23,4	15,7	13,7
R ₂	2018	M	19,1	17,8	25,1	29,6	32,4	37,3	44,5	38,1	37,1	28,9	22,7	19,3
		m	7,1	7,2	12,4	14,9	19	23,8	29,3	26,2	24,2	16,4	10,3	5,5
		(M+m)/2	13,1	12,5	18,8	22,3	25,7	30,6	36,9	32,2	30,7	22,7	16,5	12,4
	2019	M	17,3	19,3	23,3	27,8	31,5	41,1	42,4	41,6	37	30,2	21,5	20,2
		m	3,8	5,6	9,8	15,1	17,6	26	28,2	28,1	24,5	17,5	10,1	8
		(M+m)/2	10,4	12,5	16,9	21,5	24,9	34,2	35,7	35,1	30,8	24	15,7	13,9
R ₃	2019	M	16,5	18,7	23	26,5	29,8	40,3	41,4	40,9	35	29,6	20,4	20,3
		m	7,5	7,4	10,4	15	18	27,1	29,2	28,7	24,4	18,9	10,7	10
		(M+m)/2	12,1	13,1	17,1	21	24,5	34	35,7	35,1	29,9	24,3	15,8	15

M. : Moyennes mensuelles des températures maxima en °C ;
 m. : Moyennes mensuelles des températures minima en °C ;
 (M+m) / 2 : Moyennes mensuelles des températures en °C ;
 T : Températures en °C.

(Tutiempo, 2020)

Les données thermiques montrent que la température moyenne du mois le plus chaud en 2018 à Touggourt est enregistrée en juillet (T. moy. = 45,1 °C.) (Tab.1), par contre celle du mois le plus froid de la même année est notée en décembre (T. moy. = 5,5 °C.). Pour la région d'El Oued, les températures moyennes du mois le plus chaud sont notées en Juillet (44,5°C) en 2018 et en 2019 (T. moy.= 42,4 °C.). Par contre les valeurs de températures moyennes les plus faibles sont enregistrées en décembre 2018 (T. moy. = 5,5 °C.) et en janvier 2019 (T. moy. = 3,8 °C.) (Tab.1). Dans la région de Biskra, la température moyenne la plus élevée est celle de juillet (T. moy. = 41,4 °C.), alors que la plus faible est remarquée en Février (T. moy. = 7,2 °C.) (Tab.1).

2.2.2.- Précipitations

Le terme « précipitations» englobe toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, que ce soit sous forme liquide (pluie) ou sous forme solide (neige, grêle) (MEGUENNI, 2013). Les valeurs des précipitations mensuelles enregistrées dans les régions d'étude sont mentionnées dans le **tableau 2**.

Tableau 2- Précipitations mensuelles et annuelles enregistrées dans les régions de Touggourt (R₁), El Oued (R₂) et Biskra (R₃)

		P (mm)												
	Année	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Cumul
R1	2016	0	2,54	3,05	11,68	4,57	0,25	0	0	5,08	0	1,78	6,1	35,05
	2017	0	0	8,12	37,09	0,25	1,02	0	0	7,12	3,3	41,14	1,02	99,06
	2018	0	9,65	5,08	2,03	7,62	0	0	2,03	5,08	1,02	0,51	0	33,02
	2019	0	2,03	11,42	9,9	8,14	0	0	0	11,19	0	3,3	0,5	46,48
R2	2018	0	22,1	2,28	0	1,02	0	0	3,05	0	1,02	0,51	0	29,98
	2019	0	0	11,17	31,23	9,66	0	0	0	10,93	3,05	8,38	1,02	75,44
R3	2019	1,52	0,25	9,14	32,52	16,51	0	0,76	4,31	20,06	0,51	8,38	2,28	96,24

(Tutiempo, 2020)

L'évolution des précipitations dans la région de Touggourt en 2017 est la plus élevée avec un cumul de 99,06 mm (Tab.2), et le mois le plus pluvieux Novembre (41,14 mm). Alors qu'en 2018 le total des précipitations n'est que de 33mm et le mois le plus pluvieux est Février (9,65mm).

Par contre à El Oued, le total des chutes de pluies (cumul) était plus faible en 2018, soit à peine 30 mm, par rapport à l'année 2019 (75,4 mm) (Tab.2). Dans la région de Biskra en 2019, le total des précipitations atteint 96,24 mm (Tab.2) où le mois le plus pluvieux était Avril (32,5 mm), alors que le mois le plus sec est celui de juin.

2.3.- Méthodes utilisées sur le terrain

2.3.1.- Collecte des poux

La pédiculose en milieu scolaire est un problème récurrent à chaque rentrée scolaire. Pas une école n'est épargnée par cet ectoparasite qui est très courant, notamment dans les écoles primaires où la prévalence semble plus importante. Afin d'étudier et d'illustrer l'épidémiologie de la pédiculose en milieu scolaire et suite au manque de données sur le sujet en Algérie, nous avons pris l'initiative, dans le cadre de ce travail de recherche, de mettre en place une enquête, focalisée sur les écoles primaires dans les régions de Touggourt et d'El Oued. Un questionnaire a été préparé en vue de cette enquête, puis déposé auprès de neuf (09) écoles primaires, choisies et retenues comme lieux de notre étude (**Annexe 1**).

L'objectif de ce travail est d'examiner des écoliers et de collecter des poux de tête afin de :

- Connaitre la prévalence de la pédiculose chez la population d'enfants des écoles primaires durant la période de Septembre 2016 à Juin 2017 ;
- Déterminer la prise en charge thérapeutique de la pédiculose du cuir chevelu dans le contexte familial ;
- Questionner les familles sur la nécessité d'avoir à leur disposition un outil ludique autour des poux de tête afin de mieux appréhender cette parasitose.

2.3.1.1.- Méthode et période d'échantillonnage

Le travail réalisé sur le terrain, consiste à prélever directement des poux sur les élèves (filles et garçons) des écoles primaires dont l'âge est compris entre 5 et 11 ans (**Photo 2**), avec l'autorisation de la direction de la santé de la wilaya de Ouargla et de la wilaya d'El Oued, et en collaboration avec le service de la médecine de prévention et des médecins coordinateurs. La collecte a été menée durant le mois de Septembre 2016 au mois de Juin 2017, à raison de trois sorties par semaine. Un examen attentif des cheveux de chaque élève a été réalisé à l'œil nu. La confirmation d'une pédiculose du cuir chevelu est établie si des lentes, des larves ou des adultes ont été observés. Les échantillons du parasite sont collectés à la main et sont directement introduits dans des tubes codifiés où ils seront conservés dans de l'éthanol à 70°. L'âge, le sexe et le nombre de poux collectés de chaque patient sont respectivement mentionnés en correspondance avec le code d'échantillonnage inscrit sur chaque tube.



Photo 2 - Examen des cheveux des élèves

2.3.2.- Tiques chez les dromadaires

Les tiques présentent un impact sévère sur la santé et les productions animales, du fait de leur rôle comme vecteurs de nombreux agents pathogènes, responsables de maladies graves chez les animaux. Notre objectif est de rechercher et d'identifier les différentes espèces de tiques isolées chez le dromadaire dans un système d'élevage semi intensif.

2.3.2.1.- Manipulation et récolte des tiques sur terrain

Le rythme de passage est mensuel. Sur les dromadaires, les tiques sont recherchées sur tout le corps en commençant par les sites de fixations préférentiels, à savoir l'aîne, le cou, les glandes mammaires, fourreau...ect. La technique consiste à examiner visuellement en écartant le pelage. Ainsi, toutes les tiques rencontrées sont prélevées à l'aide d'une pince à disséquer avec griffes par simple traction qui doit être ménagée et faite avec douceur pour ne pas abîmer le rostre qui est important dans la diagnose. Les tiques prélevées sur le même animal sont conservées dans un même flacon contenant de l'alcool à 70° (pour éviter la déshydratation des échantillons). Les flacons sont préalablement identifiés, chacun correspondra à une fiche portant la date de prélèvement, l'âge, le sexe de l'animal, système d'élevage et la région anatomique concernée. L'objectif est de récolter la totalité des tiques présentes, mais aussi de minimiser au maximum les erreurs pouvant influencer sur les variations individuelles dans le comptage des tiques.

2.3.2.2.- Prélèvement sanguin des dromadaires

Le dromadaire est un animal qui n'est pas toujours facile à maîtriser, en particulier les mâles. Une aide de plusieurs personnes est nécessaire pour pouvoir effectuer

des prélèvements sanguins. Cette opération a été entreprise à partir d'animaux non apparentés, en présence de l'éleveur ou du berger.

Les prélèvements sanguins ont été réalisés uniquement sur les animaux portant des tiques, au niveau de la veine jugulaire des animaux (**Photo 3**). A cet effet, nous avons utilisé des tubes stériles « vacutainer » secs à bouchons en caoutchouc de couleur mauve (pour le sang) et rouge (pour le sérum). Le prélèvement a été effectué à l'aide d'aiguilles stériles et fines sur l'animal baraqué, cou tendu, par un vétérinaire. L'opération consiste à introduire l'aiguille dans la veine jugulaire de l'animal. Une fois l'aiguille en place, l'écoulement du sang débute puis l'aiguille est introduite dans le tube pour le remplir.



Photo 3- Prise de sang chez les dromadaires (Originale)

2.4.- Identification des poux de tête et des tiques

La méthode utilisée est basée sur les clés d'identification pour les poux et les tiques.

2.4.1.- Identification morphologique des poux de tête

Les poux de tête collectés sont observés sous la loupe binoculaire (Gr $\times 40$) et sont affiliés au genre et à l'espèce en se basant sur la clé dichotomique de **PAJOT (2000)**.

L'identification de l'espèce est basée sur l'observation de certains caractères morphologiques du corps, à savoir :

- ✓ Proportions du fémur de la deuxième paire de patte,
- ✓ Proportions des segments antennaires,

- ✓ Nombre et forme des soies des sternites abdominaux.

Selon les éléments de diagnose décrits par **PAJOT (2000)**, la détermination du sexe se fait sur la base de la taille des individus. L'extrémité abdominale, ainsi que la présence d'une griffe au niveau du tibia droit chez le mâle lui permet d'accrocher la femelle lors de l'accouplement.

2.4.2.- Identification morphologique des tiques

2.4.2.1.- Comptage et tri des tiques

La présence des tiques est fréquemment liée à des facteurs climatiques dont la température et les précipitations ; ces dernières n'étant pas présentes de manière régulière, le développement des tiques est donc saisonnier.

Les tiques de chaque tube ont fait l'objet d'un tri, permettant de séparer les larves, les nymphes et les adultes (**Photo 4**), suivi d'un autre chez les adultes pour séparer les mâles et les femelles. Par la suite, parmi les femelles, séparer celles gorgées de celles non gorgées. Enfin, un comptage de chaque stade de développement a été effectué.

2.4.2.2.- Identification des tiques

L'identification des tiques a été réalisée au niveau du laboratoire Eco-épidémiologie parasitaire et génétique des populations, de l'Institut Pasteur d'Alger (Annexe Dely Brahim). A l'aide d'une loupe binoculaire (Gr x10 et x20) (**Photo 4**), la diagnose des genres s'est basée sur les caractères morphologiques de certaines parties du corps (rostre, yeux, festons) de la tique. Celle des espèces, sur certains détails morphologiques (ponctuation du scutum, coloration des pattes, forme des stigmates, caractères des sillons, des festons et des yeux). Ainsi, l'identification est réalisée sur la base des caractéristiques morpho-anatomiques et une clé d'identification des tiques de **WALKER et al. (2003)**. Les résultats obtenus sont enregistrés, à savoir le nombre total de tiques, le nombre d'espèces et nombre de mâles et de femelles.



Photo 4 – Comptage, tri et identification des tiques (Originale)

2.4.3.- Etude épidémiologique de quelques maladies chez les dromadaires

L'objectif principal des études sérologiques et moléculaires vise à détecter la présence de rickettsies par la technique d'ELISA et de PCR, après avoir broyé les tiques afin d'en extraire leur ADN et de déterminer les espèces de *Rickettsia* des tiques infectées par le séquençage.

2.4.3.1.- Détection de la Fièvre Q

2.4.3.1.1.- Procédure du test sérologique par Indirect Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

Des échantillons de sang ont été prélevés sur 184 dromadaires appartenant aux trois localités susmentionnées, durant la période 2018-2019. Le sang prélevé (5 ml pour chaque animal) a été conservé à -20°C à des fins moléculaires. Le sérum a été récupéré par centrifugation à 3000 tr / min pendant 15 min, transféré dans des tubes stériles Eppendorf de 1,5 ml (Hambourg, Allemagne) et stocké à -20°C jusqu'au dosage sérologique. Les procédures générales et conseils pour le test ELISA sont mentionnés dans l'**annexe 2**. Le principe de l'ELISA indirect consiste à détecter la présence d'un anticorps spécifique dans un échantillon. Les étapes de réalisation d'ELISA pour la détection des anticorps contre *Coxiella burnetii* dans le sérum du sang des dromadaires sont indiquées dans la **Figure 4**.

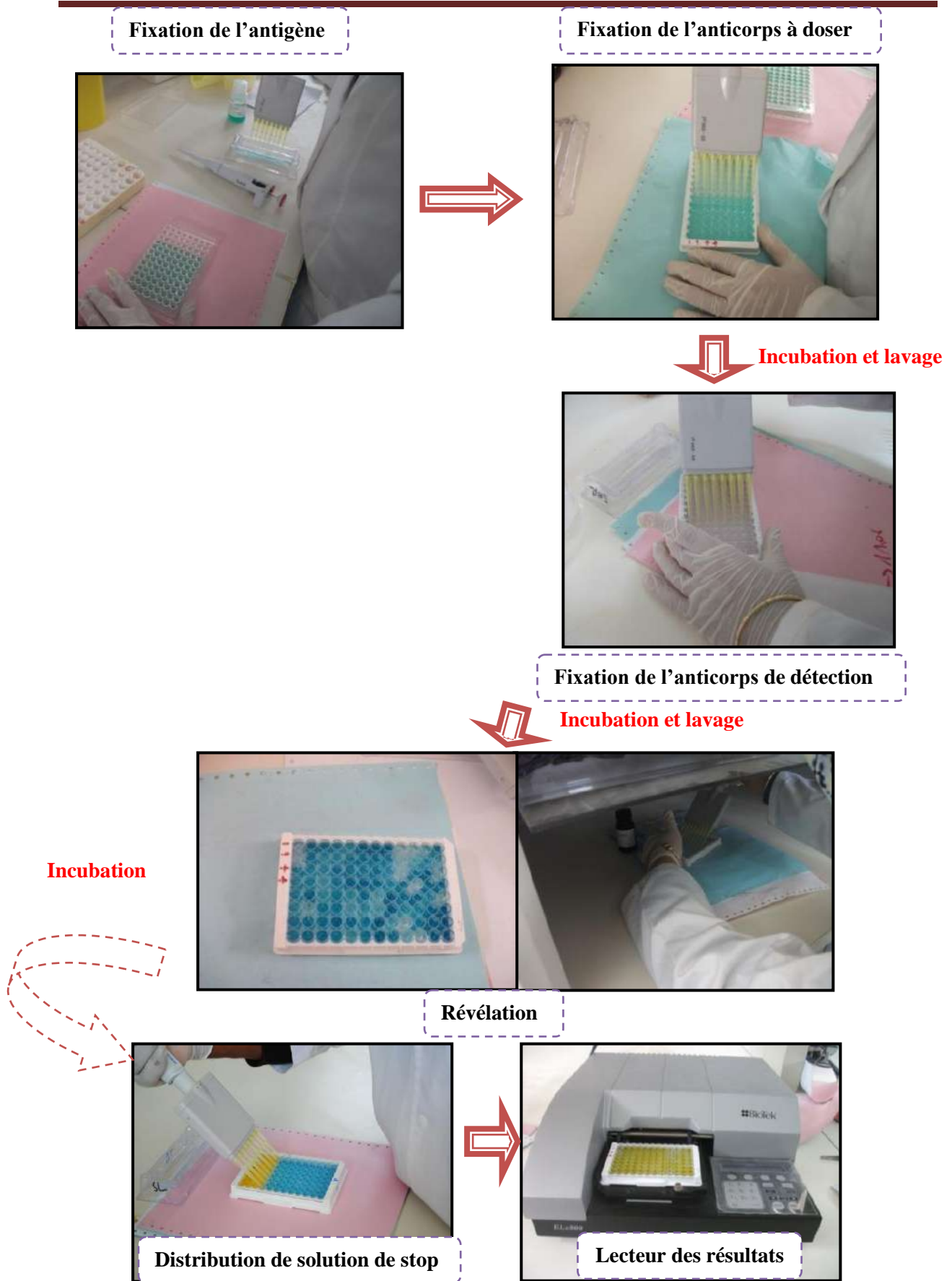


Figure 4 – Etapes de réalisation d'ELISA pour la détection des anticorps contre *Coxiella burnetii* dans le sérum de sang des dromadaires

2.4.3.1.1.1.- Interprétation des résultats du test sérologique

Le test est validé si la valeur moyenne des densités optiques du Contrôle Positif (DO_{CP}) est supérieure à 0,350 et le rapport entre la moyenne des DO du Contrôle Positif (DO_{CP}) et la moyenne des DO du Contrôle Négatif (DO_{CN}) est supérieure à 3. A ce titre, pour interpréter chaque échantillon, il faut déterminer S/P%

$$S/P = \frac{DO_{\text{échantillon}} - DO_{CN}}{DO_{CP} - DO_{CN}} \times 100$$

S/P : Sample (pour échantillon)/ positive (pour sérum de contrôle positif) ;

DO : Densité optique

Tout échantillon présentant un $S/P\% \leq 40\%$ a été défini comme Négatif. Entre $40\% < S/P\% \leq 50\%$ ont été considérés comme des cas limites. Un pourcentage entre $50\% < S/P\% \leq 80\%$ a été considérée comme positive et supérieure à 80% comme hautement positive. Ces pourcentages ont été calculés conformément aux instructions du fabricant. Tout échantillon initialement classé comme «douteux» a été réévalué; après le deuxième essai, tout échantillon dont la valeur S/P% de 40% à 50% avait encore baissé a été classé comme «Positif» ou «Négatif» en alternance.

2.4.3.1.2.- Détection moléculaire du sang et tiques par la RT-PCR

La réaction en chaîne de la polymérase en temps réel se réalise en 3 étapes. Nous avons débuté par le protocole d'extraction d'ADN génomique du sang des dromadaires et des tiques après la préparation du mix de la PCR, en temps réels et terminer par Amplification par Smart Cycler.

2.4.3.1.2.1.- Protocole d'extraction d'ADN du sang

L'extraction d'ADN a été réalisée sur des échantillons de sang conservés à + 4°C (**Fig.5a et annexe 3**).

2.4.3.1.2.2.- Protocole d'extraction d'ADN des tiques

Nous avons sélectionné aléatoirement quelques tiques à partir des échantillons prélevés de toutes les localités. Les difficultés d'extraction sont principalement liées à la présence d'une cuticule rigide, très résistante qui rend l'accès difficile aux tissus internes colonisés par les pathogènes. Chaque échantillon est coupé

longitudinalement et introduit dans des tubes Eppendroff (**Fig. 5b et annexe 3**). Les étapes de l'extraction d'ADN des tiques est similaire à celle de l'extraction de l'ADN du sang, à l'exception de l'étape de pré-lyse avec une incubation à 56°C toute la nuit.

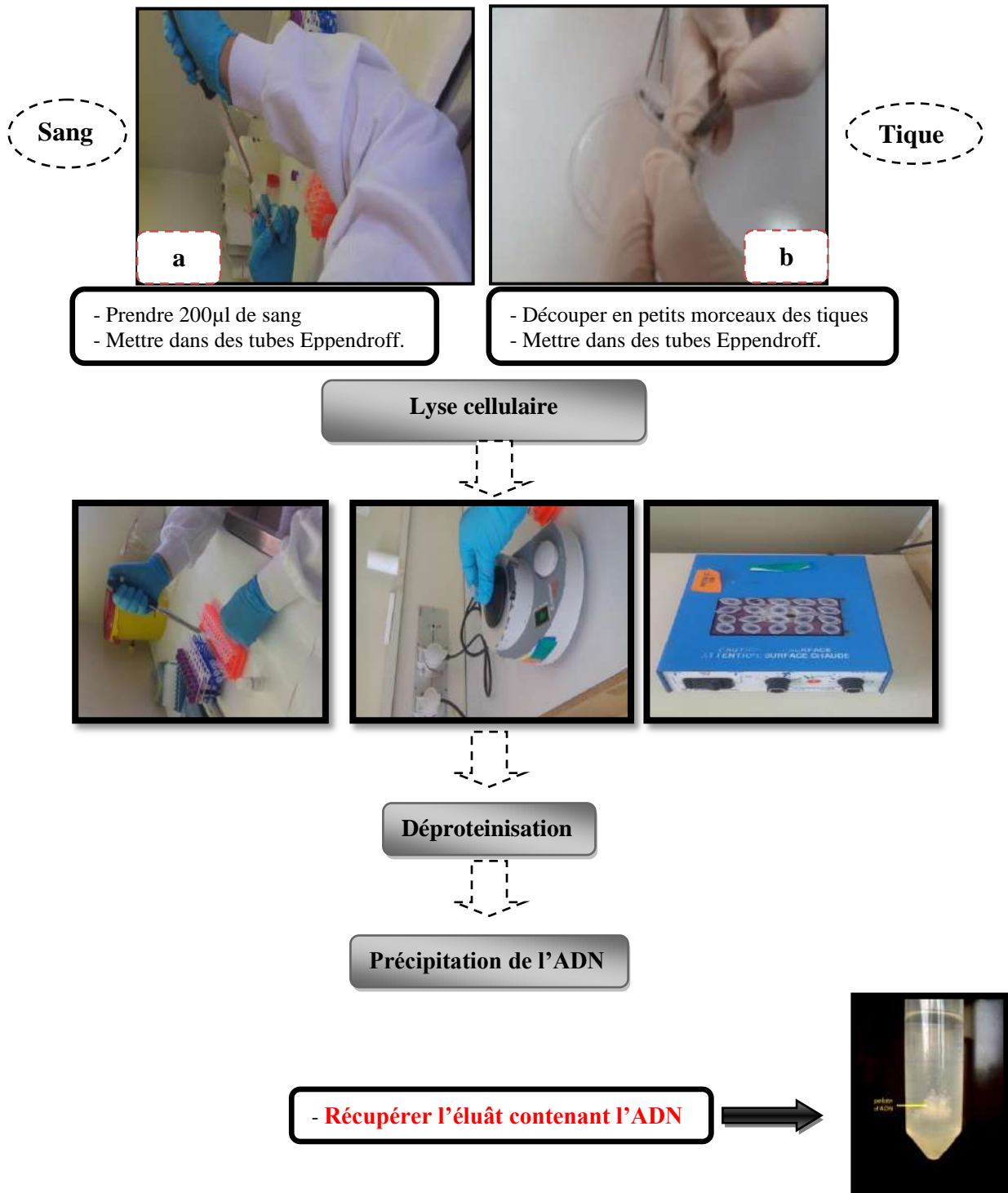


Figure 5- Extraction de l'ADN génomique du sang et des tiques chez les dromadaires

2.4.3.1.2.3.- Préparation du mix de la PCR en temps réel

La PCR est la technique la plus utilisée pour la détection de l'ADN et de l'ARN. À partir d'une simple copie d'une séquence particulière d'acides nucléiques, cette séquence peut être spécifiquement amplifiée et détectée. La PCR en temps réel est basée sur la détection et la quantification d'un «reporter» fluorescent. L'augmentation du signal fluorescent est directement proportionnelle à la quantité d'amplicons générés durant la réaction de PCR.

L'ADN du sang de dromadaire et des tiques a été soumis à une PCR quantitative en temps réel (qPCR) avec des amorces spécifiques à *Coxiella burnetii* et des sondes Taqman conçues pour amplifier le gène IS1111 (région répétitive de type transposon) (MEDIANNIKOV *et al.*, 2010). La PCR a été réalisée en utilisant un instrument Smart Cycler® II (Cepheid, Sunnyvale, CA, USA). Le mélange PCR comprenait un volume final de 20 µl avec 10 µl du kit Probe 2x Master Mix (Eurogentec®, Belgique), 0,5 µm de chaque amorce (Eurogentec®, Belgique), 0,2 µm de sonde (Eurogentec®, Belgique), 2 µl d'eau distillée et 5 µl (50–150 ng) d'ADN génomique. Les réactions de PCR quantitative en temps réel ont été incubées dans le Smart Cycler à 95°C pendant 15 minutes, suivies de 45 cycles d'un protocole d'amplification en deux étapes de 95°C pendant 5 secondes et 60°C pendant 35 secondes (Fig. 6a, annexe 4).

Après avoir préparé le mélange réactionnel en additionnant des sondes fluorescentes et des primers, ainsi que l'ajout des ADN (Fig. 6b) de nos échantillons et du témoin positif, le mix est placé dans un appareil de PCR quantitative en temps réel. Il s'agit d'un appareil -de type Smart Cycler – rapide, couplé à un spectro-fluorimètre. À l'aide d'une centrifugeuse adaptée au format des tubes de type «Smart Cycler professionnel», une centrifugation de quelques secondes a été effectuée. Ensuite, les tubes ont été placés dans le Smart Cycler (Fig. 6c). Ce dernier est piloté par un ordinateur qui permet l'acquisition et le suivi en temps réel des données ainsi que leur lecture et traitement des résultats (Fig. 6d).

2.4.3.1.3.- Interprétation des résultats

La fluorescence a été suivie pendant la phase de recuit de chaque cycle, et tous les échantillons avec un Ct (nombre de cycles au niveau seuil de fluorescence logarithmique) inférieur à 40 ont été considérés comme positifs. Dans chaque essai, de l'eau distillée et de l'ADN de *C. burnetii* (souche d'ADN confirmée) ont été utilisés comme témoins négatifs et positifs, respectivement.

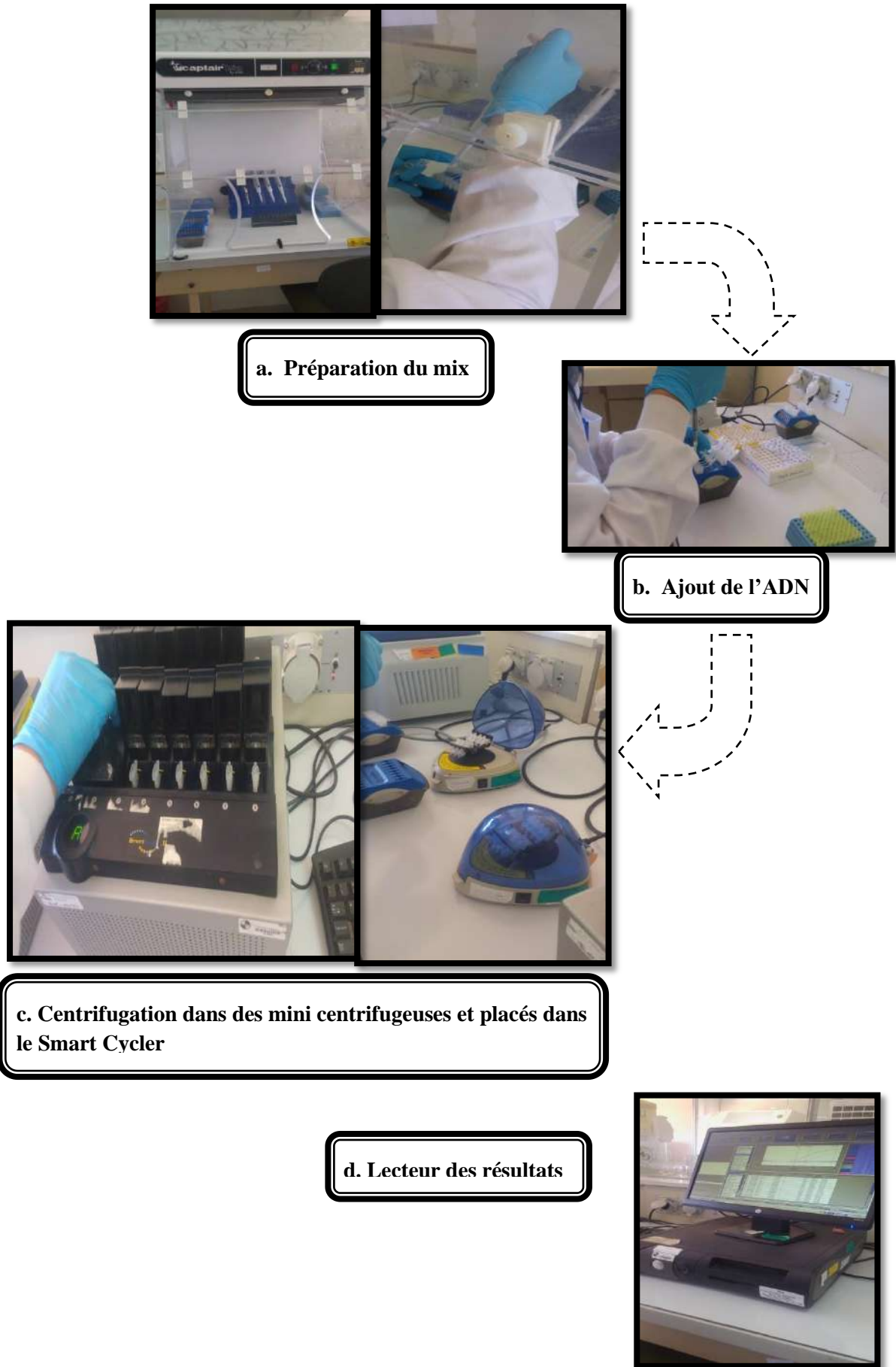


Figure 6 - Protocole expérimental de la RT-PCR du sang des dromadaires et des tiques

2.4.3.2.- *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires

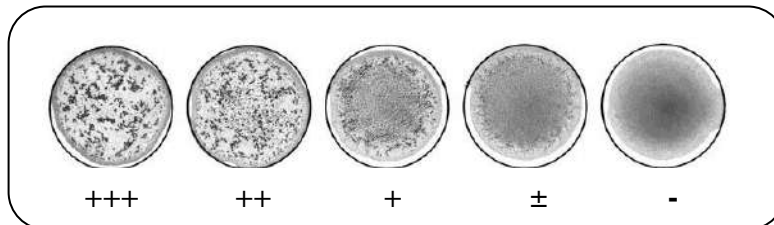
2.4.3.2.1.- Procédure sérologique de test CATT/*Trypanosoma evansi*

L'infection par *Trypanosoma evansi* entraîne la production d'anticorps, circulant contre plusieurs antigènes de surface du parasite. Ces anticorps peuvent être mis en évidence dans le plasma ou le sérum de l'hôte infecté par agglutination directe.

L'antigène CATT est une suspension lyophilisée de trypanosomes sous forme sanguine purifiée, fixe et colorée, exprimant un type d'antigène variable prédominant de *Trypanosoma evansi* (RoTat 1.2). Le test est effectué sur une carte plastifiée. Vingt-cinq microlitres de sérum ou de plasma dilué sont mélangés à une goutte d'antigène reconstitué. Lorsque des anticorps sont présents dans l'échantillon à tester, les trypanosomes s'agglutinent en 5 minutes de rotation à 70 tr / min (**Fig.7**).

2.4.3.2.2.- Interprétation des résultats de test sérologique

Après 5 minutes de rotation, il faut lire les résultats avant de retirer la carte du rotateur. Lorsque l'on a travaillé manuellement, lire les résultats tout en inclinant doucement la carte. Les résultats apparaissent comme suit :



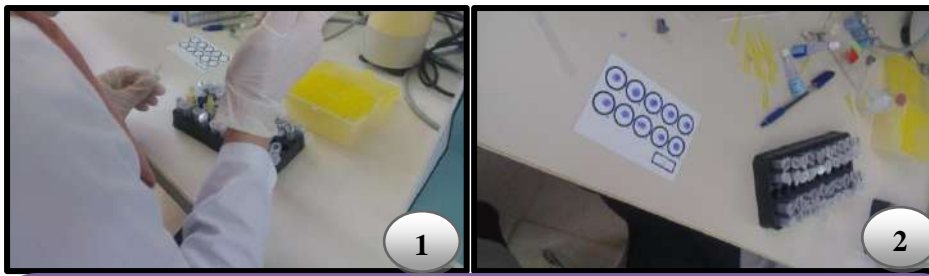
+++ Fortement positif (agglutination très importante)

++ Positif (importante agglutination)

+ Positif (agglutination modérée)

± Faiblement positif (agglutination faible)

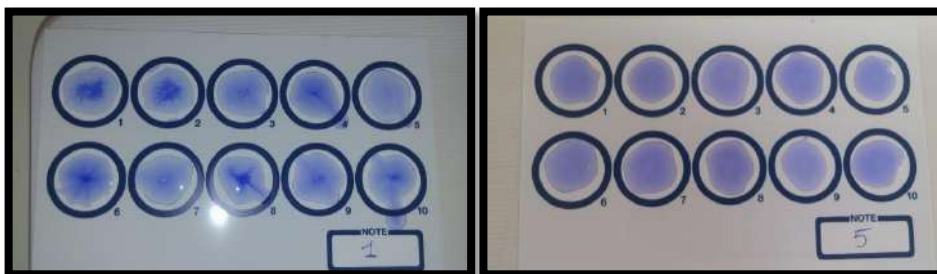
- Négatif (absence d'agglutination)



1. À l'aide d'une micropipette, mettre 25 μ l de **sérum dilué** dans une zone de test sur la carte.
2. Une goutte (environ 45 μ l) de l'**antigène CATT** bien homogénéisé dans chaque zone d'essai.



3. À l'aide d'une **tige d'agitation**, mélanger et étaler le mélange réactionnel à environ **1 mm** du bord de la zone d'essai. Essuyez la tige d'agitation après chaque utilisation.
4. Faites tourner la carte de test sur un **rotateur orbital** à lit plat pendant **5 minutes** à **70 tr / min**.



5. Lecture et interprétation

Figure 7- Exécution du Sérodiagnostic par CATT/*T. evansi* de la trypanosomose

2.5.- Indice parasitaire pour les poux de tête et les tiques

L'indice parasitaire est une méthode permettant d'évaluer le niveau d'infection de l'hôte. Afin de mieux caractériser la structure des peuplements des parasites, nous avons exploité nos données par le calcul des indices épidémiologiques ci-dessous.

a. Prévalence parasitaire (P%)

La prévalence (**P**), ou la fréquence des hôtes parasités, est calculée par le rapport en pourcentage du nombre d'hôtes infestés (N) par une espèce donnée de parasites sur le nombre d'hôte examinés (H) **VALTONON et al., (1997)**.

$$P\% = (N / H) \times 100$$

P : Prévalence des hôtes parasités

N : nombre total d'individus d'un hôte infesté par un parasite donné ;

H : nombre total d'individus d'un hôte examiné.

Les termes espèce dominante (prévalence > 50%), espèce satellite (10 <prévalence < 50%) et espèce rare (prévalence < 10%) ont été définis selon **VALTONON et al. (1997)**.

b. Intensité parasitaire moyenne (I)

Elle correspond au rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite dans un échantillon d'hôtes sur le nombre d'hôtes infestés dans l'échantillon. C'est donc le nombre moyen d'individus d'une espèce parasite par hôte parasité dans l'échantillon (**ROZSA et al., 2000**).

$$I = n / N$$

I : intensité parasitaire ;

n : nombre total d'individus d'une espèce parasite ;

N : nombre total d'individus d'hôtes infestés.

L'analyse des couples prévalence/ intensité moyenne est :

→ Prévalence forte mais intensité faible => parasite distribué sur l'ensemble de la population hôte.

→ Prévalence faible mais intensité forte => phénomène d'agrégation parasitaire sur les mêmes individus.

c. Abondance parasitaire

Elle correspond au rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite sur le nombre total des individus examinés (ROZSA et al., 2000).

$$A = n/H$$

A : abondance parasitaire ;

n : nombre total d'individus d'une espèce parasite ;

H : nombre total des individus examinés.

2.6.- Exploitation des résultats par les analyses statistiques

2.6.1.- Pour les ectoparasites

Les résultats obtenus sont traités par des analyses statistiques à l'aide de logiciels de traitement de données tels que le **logiciel R** (R-3.4.1) et le **logiciel SPSS** version 20 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA).

L'analyse statistique des résultats de l'infestation par les poux de tête a été réalisée par l'application de deux tests statistiques : **test de Wilcoxon** (test paramétrique) et le **test de Kruskal-Wallis** (test non paramétrique). Ce dernier a pour but de comparer les prévalences d'infestation et d'infection selon plusieurs catégories.

Pour le test de Wilcoxon, c'est un test d'hypothèse, non paramétrique, utilisé pour comparer les distributions de deux échantillons statistiques. Egalement appelé « test de la somme des rangs », il fonctionne non pas à partir des valeurs précises observées, mais à partir des rangs de ces valeurs interclassées (FRANÇOIS, 2007; RENEE, 2006).

Les corrélations entre les facteurs de risque potentiels et l'infestation par les tiques ont été étudiées par l'intermédiaire du **test du Khi-deux** et de la régression logistique. Chaque facteur a été analysé par une analyse univariée au moyen du test de χ^2 . Les analyses multivariées ont utilisé un modèle de régression logistique binaire. Les variables ayant une valeur de $p < 0,10$, lors des analyses univariées, ont été incluses dans le modèle multivarié. La valeur de p inférieure à 5% a été considérée comme significative. La procédure de

modélisation a été inspirée de l'approche d'**HOSMER et LEMESHOW (2000)** permettant la sélection du meilleur modèle en se basant sur le maximum de vraisemblance.

2.6.2.- Pour la fièvre Q et *Trypanosoma evansi*

Le **test du chi carré de Pearson** ou le test exact de Fisher ont été appliqués pour tester les associations significatives entre les facteurs de risque potentiels et la variable de résultat (état de la séropositivité de la fièvre Q et Trypanosomose chez les dromadaires) dans une analyse univariée. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel statistique SPSS version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Un intervalle de confiance (IC) à 95% a été appliqué pour l'analyse des données.

Chapitre 3 :

Résultats et discussions

Chapitre 3 - Résultats et discussions

Dans ce chapitre nous allons exposer en premier lieu les résultats relatifs à l'échantillonnage des ectoparasites chez la population d'enfants scolarisés et chez les dromadaires. Le deuxième volet, est consacré à une approche séro-épidémiologique des maladies auxquelles nous nous sommes intéressées telles que la fièvre Q et la trypanosomose.

3.1.- Exploitation des résultats par les indices parasitaires

Les résultats de l'échantillonnage des poux de tête et des tiques dans les régions d'étude sont regroupés et exploités par le calcul des différents indices parasitaires.

3.1.1.- Poux de tête collectés chez les enfants scolarisés à Touggourt et El Oued

Le **tableau 3** indique la répartition des poux (*Pediculus humanus capitis*) collectés chez les enfants scolarisés à Touggourt et à El Oued entre Mars 2016 et Mai 2017.

Tableau 3 – Répartition des indices parasitaires pour les poux en fonction des régions étudiées dans différentes écoles

Région	N. écoles	N. d'élèves examinés	N. d'élèves infestés	N. de poux	P%	I	A
Touggourt	5	739	69	244	9,34	3,54	0,33
El Oued	4	461	50	254	10,85	5,08	0,55
Total	9	1200	119	498	9,92	4,18	0,42

Nbre. : Nombre ; P : Prévalence ; I : Intensité moyenne parasitaire ; A : Abondance parasitaire.

Dans cette étude, l'échantillonnage des spécimens de poux de tête (*Pediculus humanus capitis*) a été réalisé dans neuf écoles primaires, appartenant à deux localités. Parmi les 1200 enfants scolarisés examinés, 119 étaient infestés par les poux de tête. La prévalence des infestations des enfants scolarisés des deux régions est donc de 9,92% (**Tab.3**). Le taux d'infestation le plus élevé est au niveau d'El Oued avec un pourcentage de 10,85% par rapport à Touggourt (9,34%) (**Fig.8**).

L'intensité moyenne la plus élevée est celle d'El-Oued, à raison de 5,08 poux par enfant infesté, puis Touggourt avec une intensité moyenne parasitaire de 3,54 poux par enfant infesté. L'abondance des élèves infestés de poux est estimée 0,55 à El-Oued, suivie par Touggourt avec une valeur de 0,33 poux par enfant examiné (**Fig.8**).

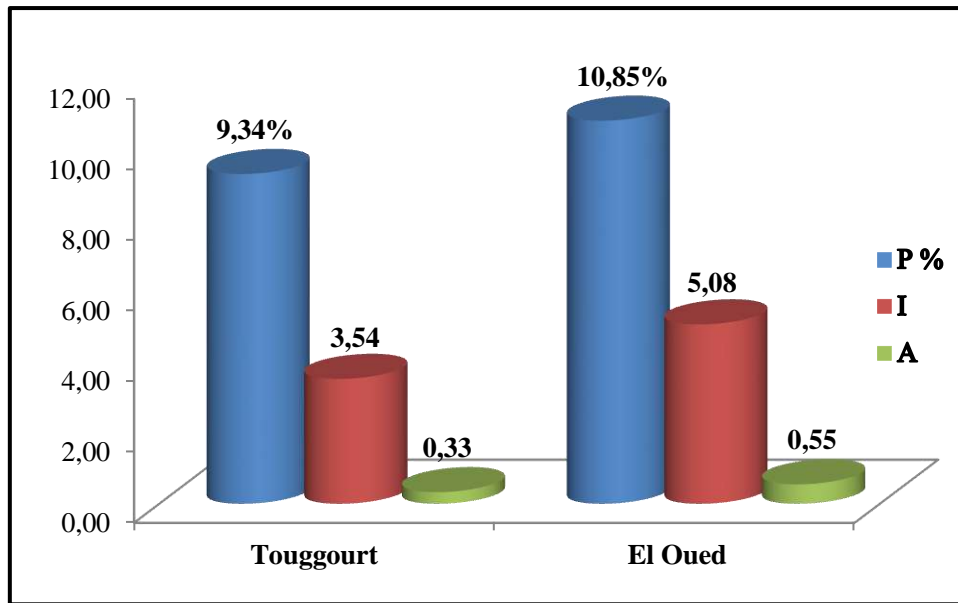


Figure 8 - Répartition des indices parasitaires des poux chez les élèves infestés à Touggourt et à El Oued

Discussion

Les résultats obtenus dans la présente étude se rapprochent de ceux trouvés par **LOUNI (2018)** lequel note dans la région d'El Oued, un taux d'infestation de 11,24% chez les enfants scolarisés. Par contre, ce même auteur annonce une prévalence des infestations très faible (3,04%) chez les enfants scolarisés appartenant à 14 wilayas en Algérie. De même, dans la région de Bejaia, **SI KADIR et BENMEDDOUR (2017)** annoncent une valeur de prévalence atteignant 1,05%.

Dans une autre étude, **BAKHOUCHE et RAACHA (2008)** ont rapporté des taux de prévalence plus élevés, de l'ordre de 67,92% dans la commune d'Ouargla. Ce résultat est comparable à ceux déclarés par **ZEMMOUR et MALKI (2015)** dans la région de Tizirt et Tizi Ghenif, ayant trouvé un taux de prévalence de 32,5%. **ACHERIR et MAIACHE (2017)**; dans la wilaya de Tizi ousou ont enregistré parmi 700 élèves examinés, 201 élèves contaminés, soit une prévalence globale de 28,7% en milieu scolaire. En revanche, **MANSOURI (2016)**, mentionne une prévalence de 16,98 % (19 enfants infestés) à partir de 711 élèves examinés, au niveau de 6 zones de la région Est de Tlemcen. Dans une autre étude réalisée dans la région Est d'Alger, les résultats ont révélé 41 (15,07%) élèves positifs (**GUEZI, 2015**).

Plusieurs études épidémiologiques ont été effectuées dans plusieurs pays, à savoir au Mali, Iran, Egypte, Gaza, Est de l'Europe, Argentine, Thaïlande, Turquie et Arabie Saoudite,

afin de déterminer l'incidence de l'infestation des poux de tête chez les enfants scolarisés. Des taux de prévalence d'infestation diffèrent d'un pays à l'autre, et d'une localité à une autre dans le même pays variant de 0,47% à 69,3% (NADA *et al.*, 2006 ; MORADI *et al.*, 2009 ; ALZAIN, 2012 ; GUTIERREZ *et al.*, 2012 ; HAZRATI *et al.*, 2012 ; RASSAMI et SOONWERA, 2012 ; YOUSEFI *et al.*, 2012 ; SHIRVANI *et al.*, 2013 ; GULGUN *et al.*, 2013; DOROODGAR *et al.*, 2014 ; HAGHI *et al.*, 2014 ; ABDOU,2015 ; ABDULLA, 2015; AL-MERGIN, 2015; BARTOSIK *et al.*, 2015 ; EL-MAGRABI *et al.*, 2015; MOOSAZADEH *et al.*, 2015 ; GHARSAN *et al.*, 2016 ; NAZARI *et al.*, 2016; AL-ZANBAGI AND AL-HASHDI, 2018). Ceci confirme l'étendue et l'extension de la pédiculose à travers le monde.

Concernant la charge parasitaire ; l'intensité moyenne la plus élevée est celle d'El-Oued (5,08 poux par enfant infesté), puis Touggourt (3,54 poux par enfant infesté) (Tab.3). L'abondance des élèves infestés est estimée à 0,55 à El-Oued, suivie par Touggourt avec une valeur de 0,33 poux par enfant examiné. Nos résultats sont relativement comparables à ceux de LOUNI (2018) dans la même région (El Oued) qui signale une faible intensité (0,78) et une abondance de 0,14. Par contre, nos résultats sont élevés par rapport à ceux obtenus par GUEZI (2015) à Alger qui indique des valeurs de 0,41 pour l'intensité et 0,02 pour l'abondance. Ces résultats révèlent que la pédiculose est très variable d'une région à une autre.

3.1.1.1.- Selon le sexe

Les résultats sont mentionnés dans le **tableau 4**.

Tableau 4 - Répartition des indices parasitaires pour les poux en fonction du sexe de l'élève

Région	N. d'élèves examinés		N. d'élèves infestés	Sexe		N. de poux		P		I		A	
	♀	♂		♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Touggourt	509	230	69	68	1	241	3	13,36	0,43	3,54	3,00	0,47	0,01
El Oued	450	11	50	49	1	253	1	10,89	9,09	5,16	1,0	0,56	0,09
Total	959	241	119	113	6	494	4	11,78	2,49	4,37	0,67	0,52	0,02

N. : Nombre ; P : Prévalence ; I : Intensité moyenne parasitaire ; A : Abondance parasitaire.

Parmi les 119 élèves infestés par les poux de tête, nous avons dénombré 113 filles (11,78%) et 6 garçons (2,49 %) (**Tab.4**). Le taux d'infestation le plus élevé chez les filles est au niveau du Touggourt avec un pourcentage de 13,36% par rapport aux garçons (0,43%). Cependant à El Oued, la prévalence chez les filles est de 10,89% et 9,09% chez les garçons (**Fig.9a**).

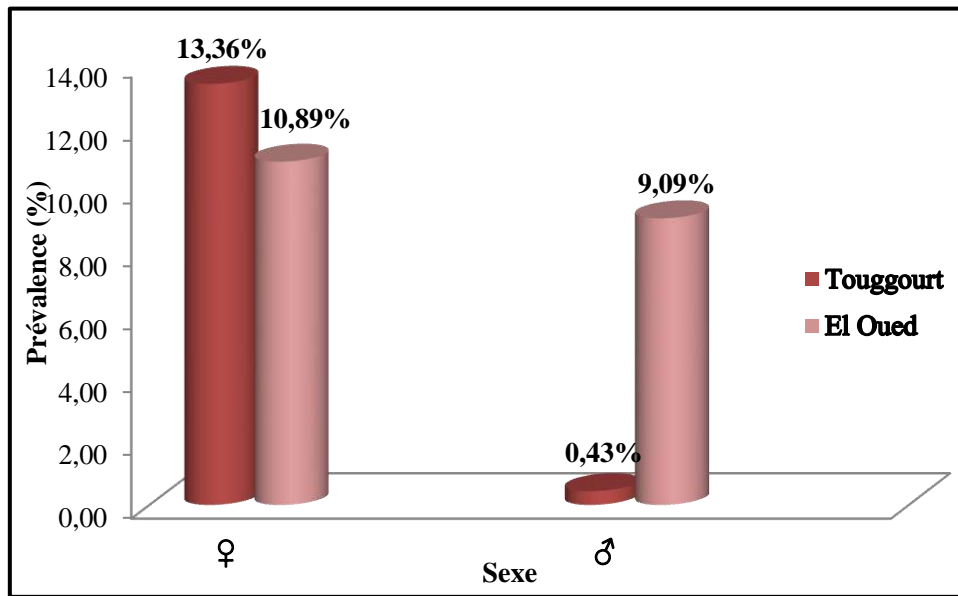
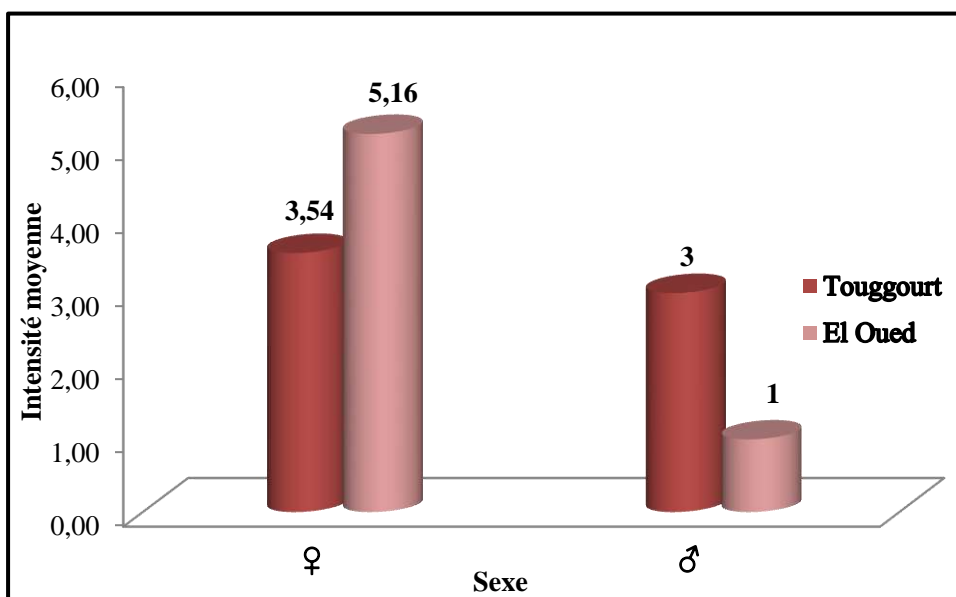


Figure 9a- Répartition des prévalences parasitaires chez les élèves selon le sexe dans les régions de Touggourt et d'El Oued

Les plus hautes intensités parasitaires ont été observées à El Oued chez les filles avec 5,16 poux par élève infesté (**Fig.9b**). Les valeurs de l'abondance sont comprises entre 0,47 et 0,56 et sont les plus élevées chez les filles à Touggourt et El Oued, respectivement (**Fig.9b**).



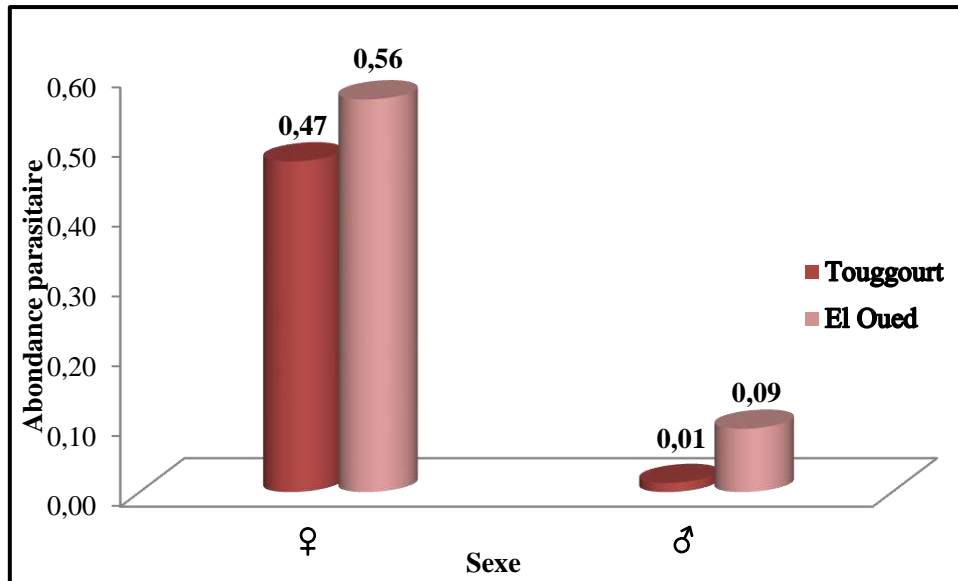


Figure 9b- Répartition des charge parasitaires chez les élèves selon le sexe à Touggourt et à El Oued

Discussion

Notre étude montre que la pédiculose touche les deux sexes ; le taux d'infestation le plus élevé chez les filles est au niveau de Touggourt avec un pourcentage de 13,36% par rapport aux garçons (0,43%). Alors qu'à El Oued, la prévalence chez les filles est de 10,89% et 9,09% chez les garçons (**Fig.9**). Cette différence peut s'expliquer par la longueur et la densité de la chevelure chez les filles par rapport aux garçons. En effet, plus les cheveux ne sont longs et plus la surface de contact éventuelle avec le parasite *Pediculus humanus capitis* est importante, ce qui lui laisse plus de chance de s'agripper aux cheveux de l'hôte grâce à ses fortes pinces. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par **LOUNI (2018)** concernant l'infestation plus élevée chez les filles. Cependant, nos valeurs sont plus faibles car cet auteur mentionne 3,04% d'infestation avec un taux plus élevé chez le sexe féminin (93,24%) par rapport au sexe masculin (6,76%). Ces résultats rejoignent les travaux réalisés par **BOUTELLIS et al., (2015)** qui ont collecté 26 poux de tête de la région Ouest d'Alger à partir que de fillettes (**BOUTELLIS et al., 2015**).

Les résultats sont comparables à ceux trouvés par **HAMZI et HAMMADOUCHE (2016)** ; **OUIS (2016)** ; **ACHERIR et MAIACHE (2017)** à Tizi Ouzou (le sexe féminin est le plus touché avec une prévalence globale de 36,48% par rapport au sexe masculin avec une prévalence de 19,43%). Il en est de même à Sétif, une étude dans quelques établissements scolaires a révélé que la pédiculose est très marquée chez les filles (4,87%) par rapport aux

garçons (1,90%) (AMEYRI et CHOUDAR, 2017). En outre, beaucoup d’auteurs à travers le monde ont déclaré que la pédiculose capillaire atteint plus souvent les filles que les garçons [DOROODGAR et al., (2014) ; BADIAGA et BROUQUI (2012) ; TOLOZA (2009); ANDRE (2000)].

Par ailleurs, ANDRE (2000) précise que la femelle pou produirait plus de vitamines du genre B lorsqu’elle prend son repas sur un hôte féminin ce qui favorise sa fécondité.

Le test Wilcoxon a été appliqué après la vérification de la normalité par le test de Shapiro-Wilk, permettant de définir la différence d’infestation entre les filles et les garçons. Le test de Wilcoxon montre que P-value chez les filles = 8.8×10^{-5} et chez les garçons = 1 (Fig.10); cela signifie que la différence d’infestation entre les deux sexes est statistiquement très hautement significative. Ainsi, ce résultat confirme l’hypothèse que l’infestation par les poux de tête touche beaucoup plus les filles que les garçons.

Nos résultats confirment ceux obtenus par GUEZI (2015) qui a mis en évidence par le calcul du Khi-2 que la différence entre les 2 sexes est statistiquement significative $p = 0,000078$.

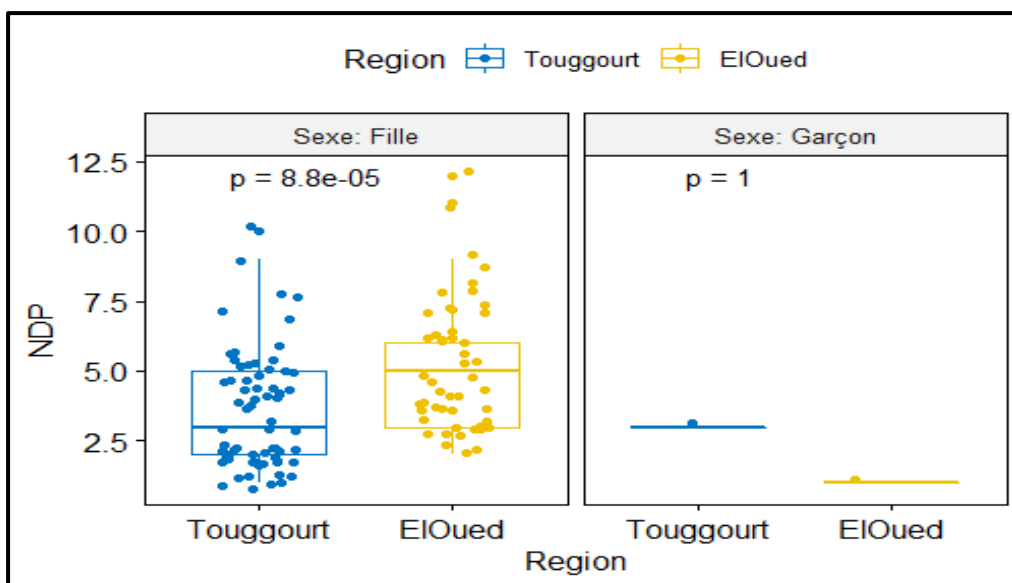


Figure 10 – Comparaison des prévalences entre les régions d’étude en fonction du sexe (test Wilcoxon)

3.1.1.2. - Poux de tête collectés chez les enfants scolarisés en fonction des classes d’âge à Touggourt et El Oued

L'analyse du nombre de cas de pédiculose du cuir chevelu en fonction de l'âge des enfants sont regroupés dans le **tableau 5a et la figure 11a** (Touggourt) et dans le **tableau 5b et la figure 11b** (El Oued).

Tableau 5a – Répartition des indices parasitaires des poux selon les classes d'âge à Touggourt

Région	Classes d'âge	N. d'élèves examinés	N. d'élèves infestés	N de poux	P	I	A
Touggourt	[6-7ans]	350	35	181	10	5,17	0,52
	[8-9ans]	289	26	45	9	1,73	0,16
	[10-11ans]	100	8	18	8	2,25	0,18

N : Nombre ; P : Prévalence ; I : Intensité moyenne parasitaire ; A : Abondance parasitaire.

Selon le **tableau 5a**, la classe d'âge 6-7 ans est la plus infestée avec un taux de 10%, alors que la moins infestée est celle des 8-9ans (9%) et la classe 10-11ans présente la plus faible prévalence (8%) (**Tab.5a**). Par ailleurs, au vu des résultats obtenus, l'intensité moyenne la plus élevée est celle des 6-7ans (5,17 poux par élève infesté), suivie par celle des 10-11ans (2,25 poux par élève infesté) puis les 6-7 ans (1,73 poux par élève infesté). La valeur de l'abondance la plus élevée (0,52) est enregistrée chez la classe des 6-7 ans, suivie les 10-11ans (0,18) et la classe la plus faible (0,16) chez les 8-9ans (**Fig.11a**).

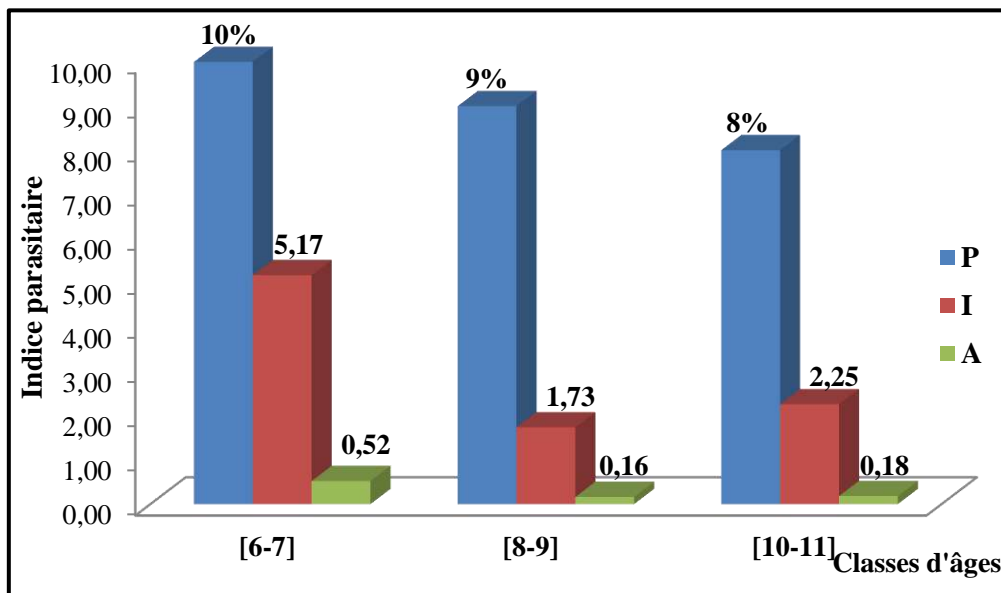


Figure 11a– Répartition des indices parasitaires des poux collectés chez les enfants scolarisés à Touggourt en fonction des classes d'âges

Tableau 5b– Répartition des indices parasitaires des poux selon les classes d’âges à El Oued

Région	Classes d’âges	N. d’élèves examinés	N. d’élèves infestés	N.de poux	P%	I	A
El Oued	[6-7ans]	255	31	140	12,16	4,52	0,55
	[8-9ans]	125	14	90	11,20	6,43	0,72
	[10-11ans]	81	5	24	6,17	4,80	0,30

N. : Nombre ; P : Prévalence ; I : Intensité moyenne parasitaire ; A : Abondance parasitaire.

La prévalence maximale chez la classe 6-7ans est de 12,16%, suivie à 11,2% pour la classe 8-9ans. La plus faible prévalence (6,17%) concerne la classe 10-11ans (**Tab.5b**). En ce qui concerne l’intensité, elle atteint une valeur maximale de 6,43 chez la classe d’âge 8-9ans et la valeur maximale de l’abondance (0,72) a été enregistrée chez la classe 8-9ans (**Fig.11b**).

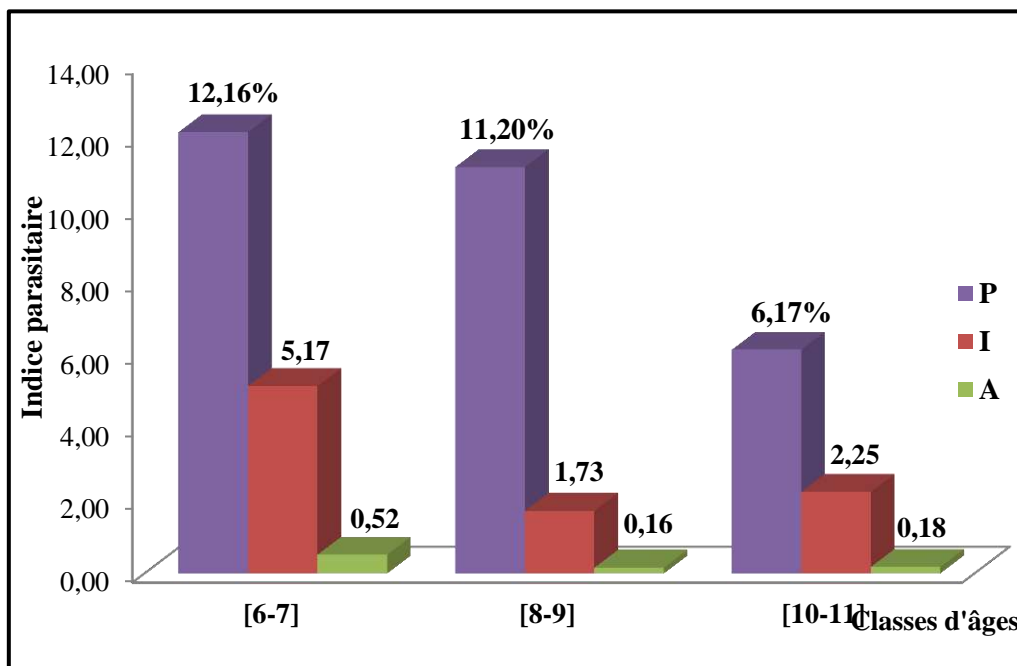


Figure 11b– Répartition des indices parasitaires des poux collectés chez les enfants scolarisés à El Oued

Discussion

Concernant l’âge, nous avons constaté que les enfants de 6-7 ans sont les plus touchés, avec un taux d’infestation de 21,43% à Touggourt et 17,58% à El Oued et 6,49% et 7,36% respectivement chez la classe d’âge 8-9ans (**Tab.5a et 5b**). Ainsi, chez la classe d’âge de 10 à 11ans avec une prévalence de 2,22% à Touggourt et 3,89% à El Oued. Les résultats obtenus

dans la présente étude se rapprochent de ceux trouvés par **SOHIER (2016)** à Nantes qui a remarqué que les enfants les plus touchés sont ceux âgés de 7 à 9 ans. Nos résultats sont comparables à ceux de [**FRANKOWSKI et BOCCHINI (2010)**; **ACHERIR et MAIACHE (2017)**; **ABDOU (2015)**].

Cependant **C.S.P. (2004)** indique que tout le monde peut être infesté par les poux de tête, particulièrement les jeunes enfants et ceux en âge scolaire. La promiscuité étant l'un des facteurs à risque, on comprend ainsi que les enfants en âge scolaire soient les plus exposés. Il est par ailleurs rapporté une recrudescence de l'infestation par les poux de tête chez les enfants scolarisés (**NOZAIS et al., 1996**).

Afin de déterminer l'existence d'une corrélation significative de l'infestation de la population des enfants scolarisés entre chaque wilaya de collecte et les classes d'âge, nous avons utilisé le test de Wilcoxon. Le P-value est de $7.3 \times 10^{-8} < \alpha (0,05)$ ce qui montre que la différence de taux d'infestation entre les régions et la classe d'âge 2 est statistiquement très hautement significative, contrairement à la classe d'âge 3 qui n'est pas statistiquement significative (**Fig.12**).

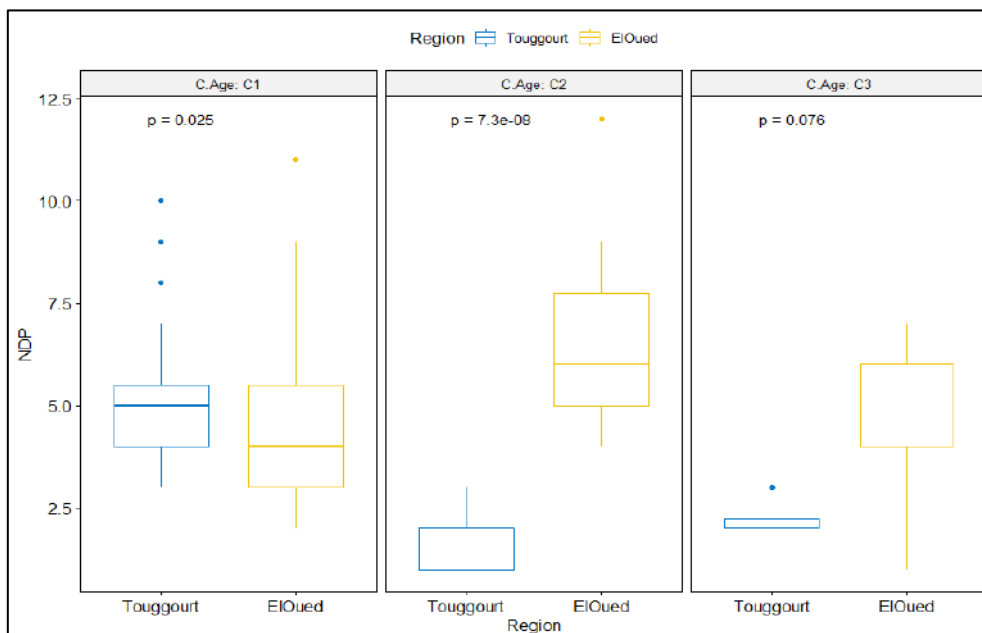


Figure 12– Comparaison des prévalences entre les régions en fonction des classes d'âges par le test Wilcoxon (C1: 6-7ans ; C2: 8-9ans ; C3: 10-11ans)

3.1.2.- Tiques dures collectées à Touggourt, El Oued et Biskra

L'examen des dromadaires et la collecte des tiques ont été effectués quotidiennement durant la période de juin 2016 à juin 2019.

3.1.2.1.- Espèces inventoriées

Dans les trois régions d'étude, nous avons pu mettre en évidence la présence de 3 espèces de tiques, appartenant à la famille des Ixodidae, représentées par un seul genre : *Hyalomma*. Le genre *Hyalomma* est représenté par 3 espèces : *Hyalomma dromedarii*, *Hyalomma impeltatum* et *Hyalomma anatolicum excavatum* (Tab.6).

Tableau 6 - Inventaire des tiques dures à Touggourt, El Oued et Biskra

Embranchement	Classe	S/classe	Ordre	Famille	Genre	Espèces
Arthropoda	Arachnida	Acari	Ixodida	Ixodidae	<i>H.</i>	<i>H. dromedarii</i> (Koch, 1844)
						<i>H. impeltatum</i> (Schulze et Schlottke, 1930)
						<i>H. anatolicum excavatum</i> (Koch, 1844)

3.1.2.1.1.- *H. dromedarii* (Koch, 1844)

Les mâle d'environ 7mm est brun, possède des plaques subanales larges, portées par un repli tégumentaire dans le prolongement des plaques accessoires ; stigmates à processus caudal long et effilé ; sillons médiodorsal et paramédian marqués. Les punctuations sont rares, larges et peu profondes ; pattes annelées, feston médian dépigmenté, isolé antérieurement par un sillon. Le Scutum sans ornement émaillé ; éperons de la coxa I très longs avec présence de plaques ventrales chez le mâle. Les articles des pattes sont décolorés sur une bande dorsale et sur l'anneau distal ; taille grande ou très grande (Photo 5a).



Photo 5a- Mâle *H. dromedarii* (vue dorsale) (1), (2) (vue ventrale) (Gr.x20)

Une femelle gorgée atteint 30mm; Scutum lisse ou avec quelques grosses ponctuations irrégulièrement disséminées (MEDDOUR-BOUDERDA et MEDDOUR, 2006) (Photo 5b).



Photo 5b - Femelle *H. dromedarii* gorgée de sang (Gr.x20)

3.1.2.1.2. - *H. impeltatum* (Schulze et Schlottke, 1930)

Les ponctuations des mâles sont plus uniformes, à cupules pilifères moyennes et à pores interstitiels dispersés et assez denses sur l'ensemble du conscutum ; les sillons paramédians marquant une légère dépression. Pattes à anneaux peu marqués et leurs articles sont bicolores ; plaques subanales dans le prolongement des plaques accessoires (MEDDOUR-BOUDERDA et MEDDOUR, 2006) (Photo 6).

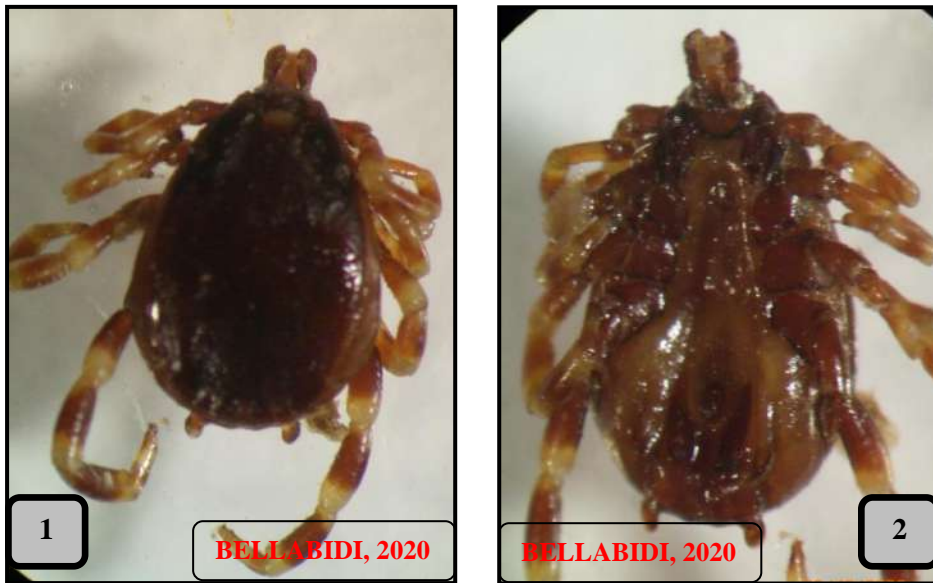


Photo 6- Mâle *H. impeltatum* (1) (vue dorsale), (2) (vue ventrale) (Gr.x20)

3.1.2.1.3.- *H. anatolicum excavatum* (Koch, 1844)

Tique de couleur brun rougeâtre à brun foncé ; sillon latéral nul ou rudimentaire ; feston médian individualisé et décoloré ; ponctuations centrales profondes ; dépression distale bien marquée formant des crêtes (**Photo 7**). Festons paramédians fusionnés antérieurement ; présence de plaques adanales fortement chitinisées à bords convexes ; plaques subanales toujours présentes et bien chitinisées, articles des pattes partiellement dépigmentés (aspect marbré) (**MEDDOUR-BOUDERDA et MEDDOUR, 2006**).

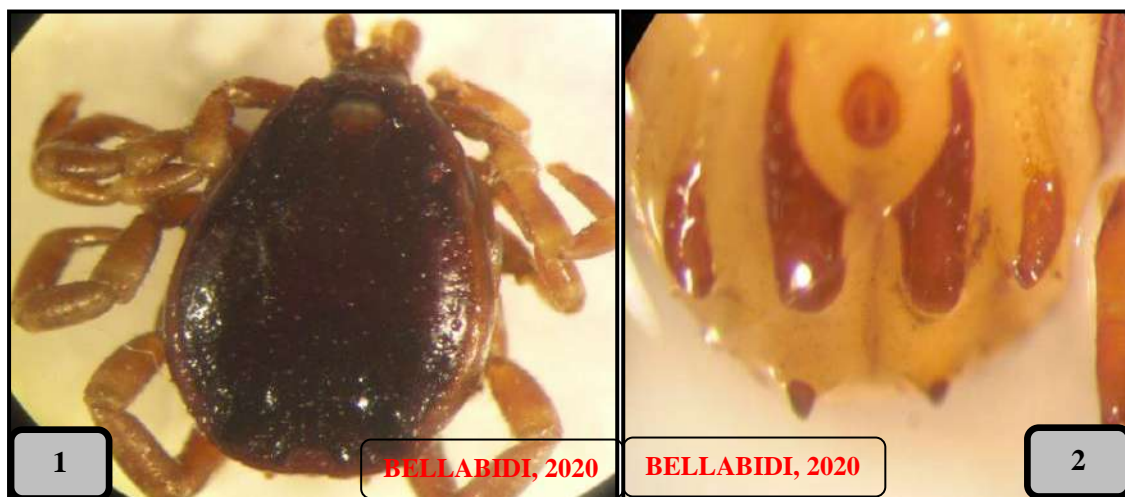


Photo 7- *H. anatolicum excavatum* mâle (1) face dorsale (2) face ventrale (Gr.x20)

Discussion

En Algérie, les informations sur le parasitisme du dromadaire par les tiques sont rares. Cela est dû principalement à la difficulté de suivre ce cheptel en déplacement continu et la nécessité de disposer d'équipes vétérinaires mobiles dans les wilayas du Sud. Cette étude contribue à la connaissance de l'importance de ces parasites chez le dromadaire dans quelques régions du Sud-est algérien et à l'établissement d'un inventaire des espèces de tiques de la famille des *Ixodidae* rencontrées. Notre étude durant la période de 2016-2019, a permis de recenser 3 espèces de tiques chez les dromadaires appartenant à la famille d'Ixodidae représentée par un seul genre : *Hyalomma* représenté par 3 espèces (*H. dromedarii*, *H. impeltatum* et *H. anatolicum excavatum*) (Tab.6).

Selon SAMBOU (2011), ces espèces impliquées dans la transmission des maladies infectieuses, sont très répandues chez les animaux domestiques. Nos résultats sont similaires à ceux mentionnés par SAMARI et al., (2018) ayant récolté dans la région de Tindouf 4 espèces identifiées, du genre *Hyalomma*. Nos présents résultats sont proches de ceux de SEDDIK et al., (2016) au Sud tunisien (4 espèces du genre *Hyalomma*). Cependant, BEN YUCEF et LABIDI (2017) dans la région d'El Oued ont révélé la présence de 05 espèces de tiques chez les dromadaires appartenant à 04 genres. De même, BABA SLIMANE ET OULLAI (2016) ; BOUSSOUFI et HABOUSSI (2018) ont été collecté à Adrar, El Oued, Ghardaia, Béchar et Tamanrasset 4 espèces appartenant à la famille des Amblyommidae, représentées par deux genres : *Hyalomma* et *Amblyomma*. A la lumière des études antérieures le genre *Hyalomma* est le plus répandu et présente un impact médical et vétérinaire [BOUTALEB (1982) ; MOREL (1982) ; SAHIBI et al., (1998) ; BOULKABOUL (2003) ; BENCHIKH EL-FEGOUN (2007) ; DIOLI et al., (2001) ; ZELEKE et BEKELE (2004) ; LAAMRI et al., (2012) ; ABDOU (2015)] et en Espagne (ESTRADA-PENA et al., 2004) et en Arabie Saoudite, ALANAZI et al, (2019).

3.1.3.- Analyse par les indices parasitaires en fonction des régions prospectées

Afin de donner un aperçu sur l'importance numérique des différentes espèces de parasites récoltés, nous avons déterminé pour chaque site étudié, les indices parasitaires, telles que la prévalence (P%), l'intensité parasitaire (I) et l'abondance (AB), mentionnées dans le tableau 7.

Tableau 7- Répartition des indices parasitaires des tiques chez les dromadaires en fonction des régions prospectées

Lieux d'étude	N.d. examinés	N.d. infestés	N.de tiques	Prévalence	Intensité moyenne	Abondance
Touggourt	235	189	930	80,43	4,92	3,96
El Oued	245	161	846	65,71	5,25	3,45
Biskra	150	50	396	33,33	7,92	2,64
Total	630	400	2172	63,49	18,10	10,05

N.d.: nombre total de dromadaires; N : nombre total de tiques

Sur l'ensemble des 630 animaux hôtes examinés, 400 se sont révélés infestés par les tiques, représentant un taux d'infestation global de l'ordre de 63,5% (**Tab.7**). Cette infestation est qualifiée de Haute, et certainement liée à l'abondance du couvert végétal qui caractérise nos zones d'études, ce qui constitue un biotope très favorable pour le développement des tiques. Nous avons pu récolter 3 espèces de tiques sur les 930 prélevées, à partir de 189 dromadaires infestés à Touggourt. Les résultats obtenus montrent que Touggourt est la zone où se trouve le pourcentage de tiques le plus élevé (taux d'infestation de 80,4%), suivie d'El Oued (65,7%) puis Biskra la moins infestée (33,3%) (**Fig.13a**). Les résultats présentés dans le tableau 10 montrent que l'intensité moyenne globale de 18,1 tiques par animal infesté dans les trois stations. Cette intensité est plus élevée est celle de Biskra avec 7,92 tiques/dromadaire, suivi par l'intensité la plus faible chez El Oued 5,25 tique/dromadaire, alors que Touggourt enregistre une intensité de 4,92 tique /dromadaire (**Fig.13b**).

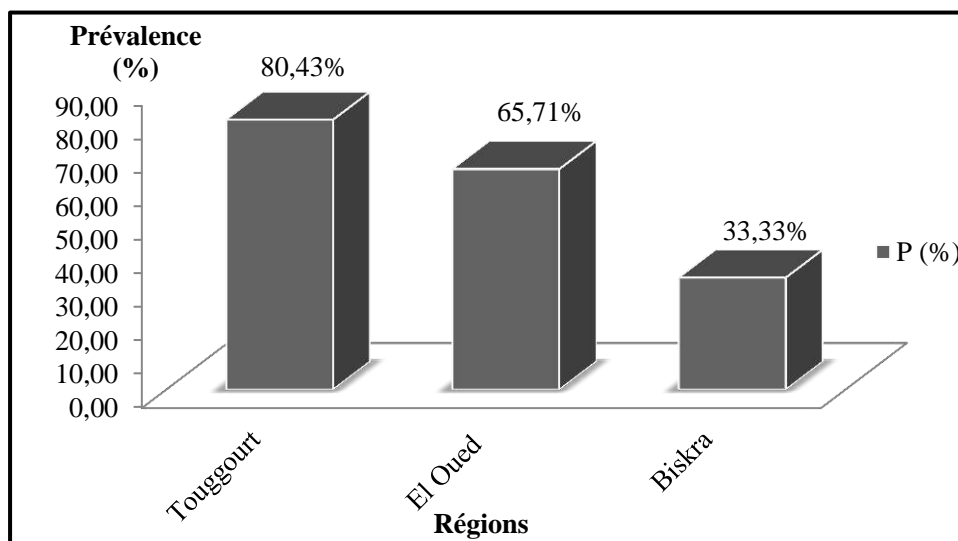


Figure 13a- Prévalence des ectoparasites collectés chez les dromadaires dans les régions prospectées

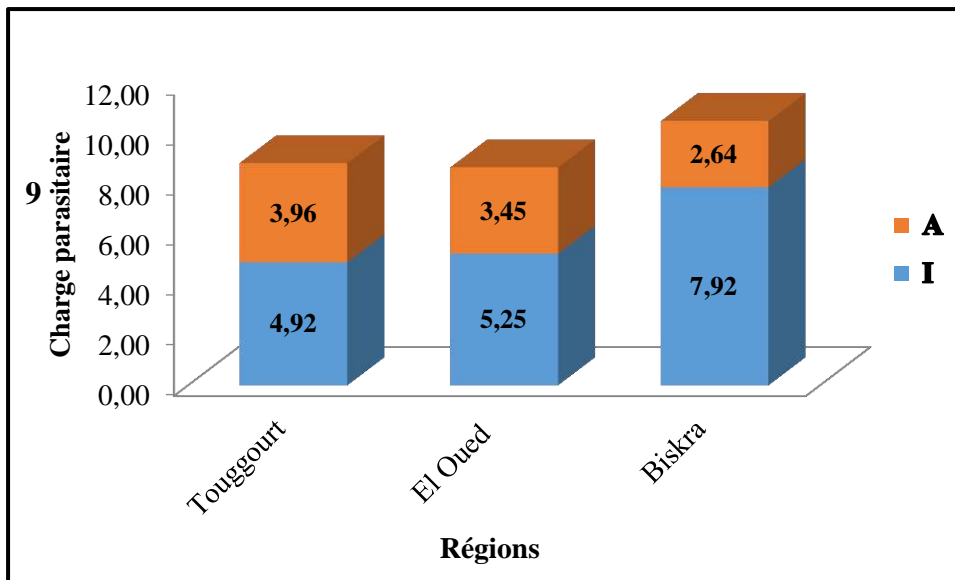


Figure 13b- Charge parasitaire des ectoparasites collectés chez les dromadaires dans les régions prospectées (A : abondance ; I : intensité parasitaire)

Discussion

La répartition des indices parasitaires par les tiques des dromadaires échantillonnés dans les trois localités montrent que le taux d'infestation globale enregistrée pendant la période d'étude est de l'ordre de 63,5%, cette infestation doit être qualifiée de Haute (**Tab.7**). Touggourt est la zone où se trouve le pourcentage de tiques le plus élevé soit un taux d'infestation de 80,4%, suivie d'El Oued avec un taux de 65,7%, puis Biskra, avec 33,3%. Nos résultats sont élevés par rapport à ceux obtenus par **BOUHOUS et al., (2008)** à Adrar (taux d'infestation de 41%), **BEN YUCEF et LABIDI (2017)** à El Oued (33,33%). **CHAUVE et al., (1990)** à Adrar ont mentionné que près de 25 % des dromadaires étaient infestés.

L'intensité moyenne globale trouvée est de 18,1 tiques par animal infesté dans les trois stations. La plus élevée est celle de Biskra avec 7,92 tiques/dromadaire, suivie par El Oued (5,25 tiques/dromadaire), alors que Touggourt enregistre la plus faible intensité (4,92 tiques/dromadaire). En outre, nous révélons que les tiques sont plus répandues dans la station de Biskra par rapport à El Oued et Touggourt car cette zone abrite le plus grand nombre de dromadaires et on suppose que la charge parasitaire en tiques est liée au manque d'hygiène et le mode d'élevage.

Nos résultats sont élevés par rapport à ceux mentionnés par **BOUSSOUFI et HABOUSSI (2018)** dans quelques régions du Sud algérien (intensité égale 3,04). Par contre, nos résultats

sont proches de ceux de **BEN YUCEF** et **LABIDI (2017)** à El Oued, ayant signalé une intensité moyenne de 5,52 tiques/dromadaire. De même **SAMARI et al. (2016)** ont noté dans la région de Tindouf une intensité moyenne de 5,1 tiques /dromadaire.

3.1.3.1.- Distribution des indices parasitaires des espèces parasites

Le **tableau 8** regroupe les résultats relatifs à l’infestation par les tiques parasites des dromadaires échantillonnés dans la région de Touggourt.

Tableau 8 - Répartition des indices parasitaires à Touggourt

Lieu	Espèces	n	N	H	P(%)	I	A
Touggourt (2016 - 2019)	<i>H.dromedarii</i>	738	168	189	79,35	4,39	3,90
	<i>H.impeltatum</i>	189	92	189	20,32	2,05	1
	<i>H. anaticum excavatum</i>	3	1	189	0,32	3	0,02

n : nombre des tiques de l’espèce ; N : nombre de dromadaire infestés/espèce; H : nombre total de dromadaires infestés ; P : prévalence (%); I : intensité moyenne ; A : Abondance de l’infestation.

L’étude réalisée sur 168 dromadaires, a montré que l’espèce *H.dromedarii* présente la prévalence la plus élevée (79,35%) (**Tab.8**). Le taux d’infestation enregistré pour l’espèce *H. impeltatum* est de 20,32% et *H. anaticum excavatum* avec un taux de 0,32% (**Fig.14a**).

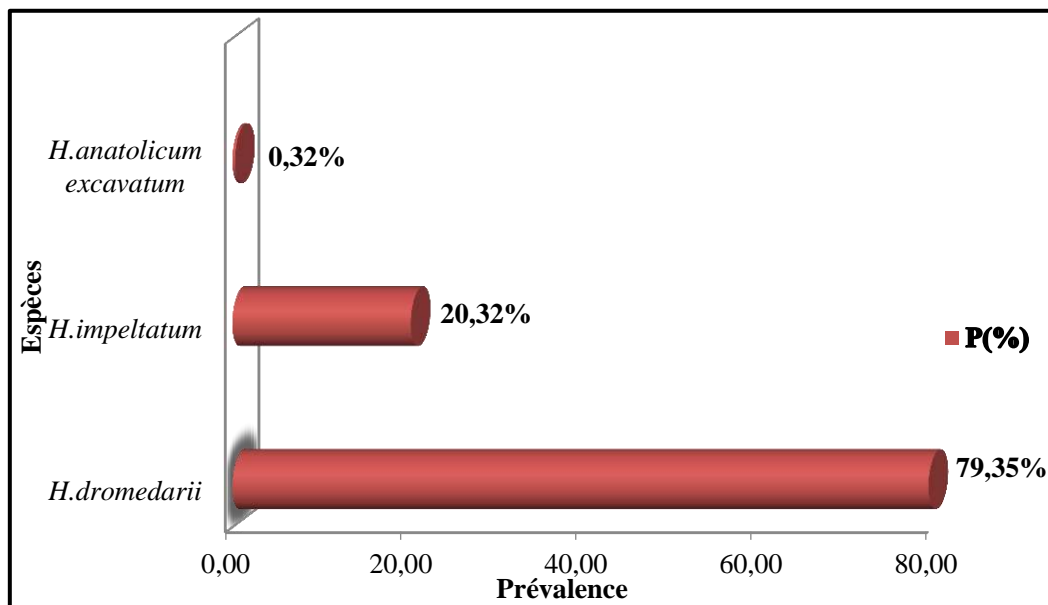


Figure 14a - Répartition des prévalences parasitaires chez les dromadaires infestés à Touggourt

Les résultats présentés dans le **tableau 8** et la **figure 14b** indiquent que l'intensité moyenne la plus élevée est celle de *H. dromedarii* avec 4,39 tiques/dromadaire, suivie par *H. anatolicum excavatum* (3 tiques/animal) et l'intensité la plus faible, chez *H. impeltatum* (2,05 tiques/dromadaire). L'analyse de l'abondance confirme l'analyse de l'intensité. Le parasite le plus abondant est toujours *H. dromedarii* (3,9) ; par contre les parasites les moins abondants sont *H. impeltatum* (1), suivi par *H. anatolicum excavatum* (0,02).

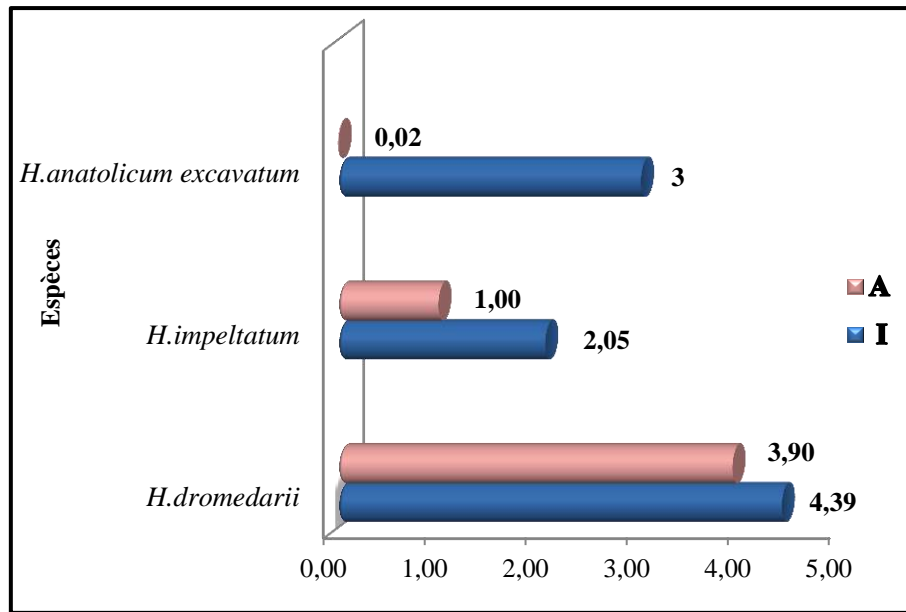


Figure14b- Répartition des charges parasitaires chez les dromadaires infestés à Touggourt

3.1.3.2.- Distribution des indices parasitaires chez les espèces parasites chez les dromadaires à El Oued

Le **tableau 9**, représente les taux d'infestations, l'intensité parasitaire et l'abondance de l'infestation, enregistrée dans cette région.

Tableau 9- Répartition des indices parasitaires des espèces parasites à El Oued

Sites	Espèces	n	N	H	P(%)	I	A
El Oued (2018 - 2019)	<i>H. dromedarii</i>	665	138	161	78,61	4,82	4,13
	<i>H. impeltatum</i>	175	82	161	20,69	2,13	1,09
	<i>H. anatolicum excavatum</i>	6	2	161	1,24	3	0,04

n : nombre total de tiques de l'espèce ; N : nombre de dromadaires infestés/espèce; H : nombre total de dromadaires infestés ; P : prévalence (%); I : intensité parasitaire ; A : Abondance parasitaire.

Les 161 dromadaires de la région d'El Oued sont infestés essentiellement par trois espèces de tiques : *H. dromedarii*, *H. impeltatum* et *H. anaticum excavatum*. L'espèce la plus dominante est *H.dromedarii* qui enregistre la prévalence la plus élevée (78,61%), suivie par *H.impeltatum* (20,69%) ; cette espèce est considérée comme espèce satellite (**Tab.9**). *H. anaticum excavatum* enregistre quant à elle une prévalence de 1,24% (**Fig.15a**).

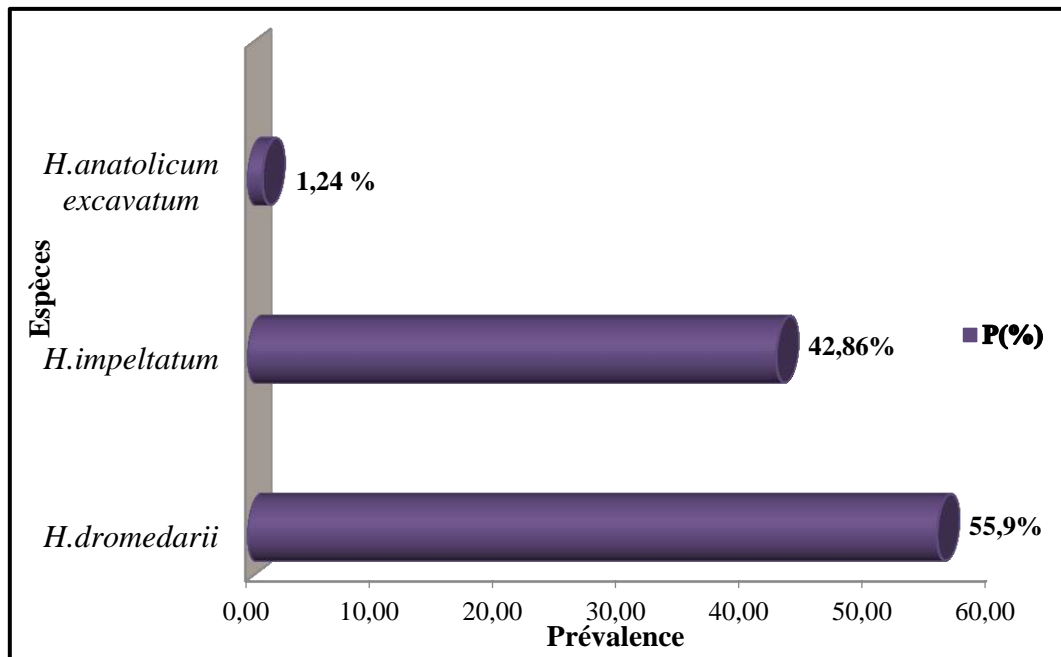


Figure 15a- Répartition des prévalences (P%) parasitaires des espèces de tiques chez les dromadaires à El Oued

Le calcul de la charge parasitaire montre que l'intensité d'infestation est comprise entre 4,82 tiques/animal et 3 tiques/animal pour *H. dromedarii* et *H. anaticum excavatum*, et 2,13 pour *H. impeltatum*. La valeur de l'abondance la plus élevée est enregistrée par *H. dromedarii* (4,13) (**Fig.15b**).

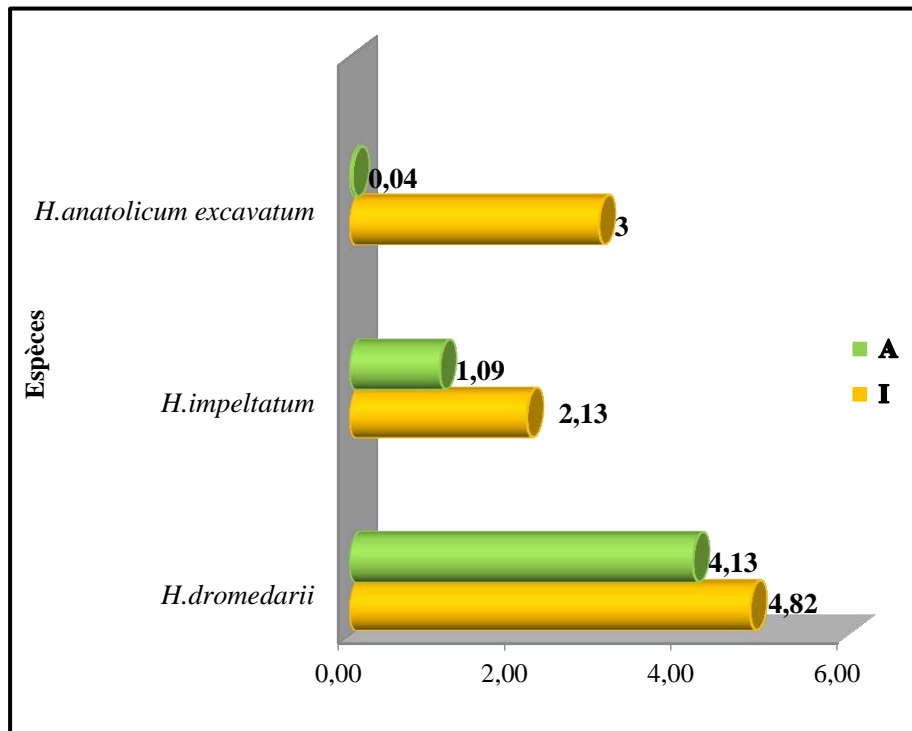


Figure 15b - Répartition des charges parasitaires chez les espèces de tiques à El Oued (A: abondance parasitaire; I: intensité parasitaire)

3.1.3.3.- Distribution des indices parasitaires des espèces parasites chez les dromadaires à Biskra

Les résultats des paramètres parasitaires chez les dromadaires selon les espèces de tiques à Biskra, durant l'année 2019 sont illustrés dans le **tableau 10**.

Tableau 10- Répartition des indices parasitaires des espèces de parasites chez les dromadaires à Biskra

Sites	Espèces	n	N	H	P(%)	I	A
Biskra (2019)	<i>H. dromedarii</i>	258	50	50	65,15	5,16	5,16
	<i>H. impeltatum</i>	138	16	50	34,85	8,63	2,76

n : nombre total de tiques de l'espèce ; N : nombre de dromadaires infestés par l'espèce de tique ; H : nombre total de dromadaires infestés ; P : prévalence (%) ; I : intensité parasitaire ; A : Abondance parasitaire.

H. dromedarii, enregistre la prévalence la plus élevée avec un taux de 65,15%, et la seconde espèce *H. impeltatum* présente quant à elle une prévalence de 34,85% (**Tab.10 et Fig.16a**). Dans la région de Biskra, on remarque l'absence de l'espèce de *H. anatolicum excavatum*. Nous avons effectué le test de l'indépendance Khi-deux (X²), est montré que le P-value est

de 0,028 ce qui montre que la différence de taux d'infestation d'*H. impeltatum* entre les régions est statistiquement significative.

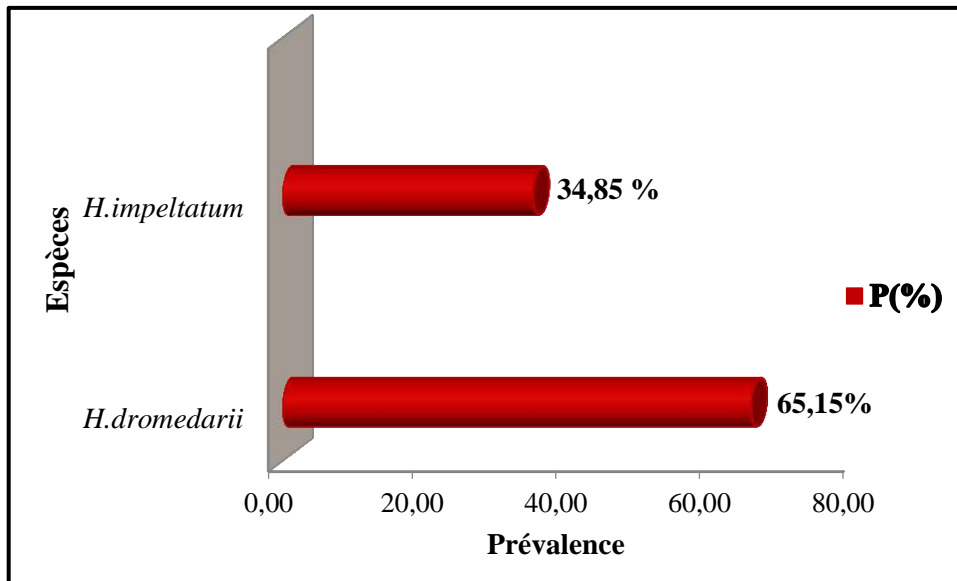


Figure16a - Prévalence des ectoparasites chez les dromadaires à Biskra

La charge parasitaire la plus élevée est de 8,63 tiques par animal chez *H. impeltatum*, suivie de *H. dromedarii* (5,16). Pour l'abondance parasitaire, elle est relativement élevée chez *H. dromedarii* (5,16 tiques/animal) et moindre (2,76/animal) chez *H. impeltatum* (Fig.16b).

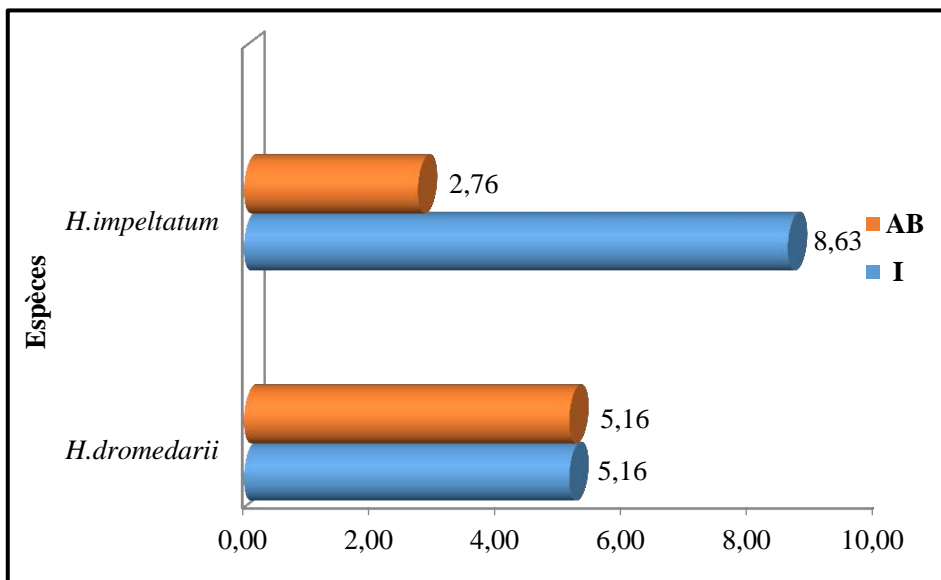


Figure 16b- Répartition des charges parasitaires chez les dromadaires infestés par les espèces de tiques à Biskra (A : abondance ; I : intensité)

Discussion

Les résultats des paramètres parasitaires chez les dromadaires selon les espèces de tiques ont révélé que les dromadaires dans les régions d'étude sont des hôtes préférentiels de *H. dromedarii*. Nous remarquons pour les trois régions une forte dominance de l'espèce *H. dromedarii* (Touggourt 79,4% ; El Oued 78,61% et Biskra 65,15%) (**Tab.8, 9 et 10**). Nos résultats sont similaires à ceux de **BOUHOUS et al., (2008)** à Adrar, qui précise que l'espèce la plus abondante (79,31%) est *H. dromedarii*. **BOUSSOUFI et HABOUSSI (2018)** notent également une forte dominance de l'espèce *H. dromedarii*, 99,45% à Tamanrasset, 73,33% dans la région Ghardaïa, 72,91% à El Oued et 64,51% à Béchar.

Nos résultats sont peu élevés par rapport à ceux obtenus par **SAMARI et al., (2016)** à Tindouf, **BEN YUCEF et LABIDI (2017)** dans la région d'El Oued. Nos résultats sont aussi comparables à ceux d'**IDRIS et collaborateurs (2000)** à Oman, **ANTOINE-MOUSSIAUX et collaborateurs (2005)** dans la région d'Agadez au Niger, **SEDDIK et al., (2016)** au Sud tunisien. Cela pourrait s'expliquer par la sélectivité de cette espèce pour le dromadaire ou de sa concentration dans les régions désertiques et à cause de leur adaptation aux conditions climatiques défavorables du Sahara, cette espèce pouvant effectuer plusieurs cycles dans l'année (**BOUHOUS et al., 2008**).

Concernant la charge parasitaire montre que l'intensité moyenne sont aussi comparables à ceux de **BEN YUCEF et LABIDI (2017)** dans la région d'El Oued, **BEN YUCEF et LABIDI (2017)** dans la région Béchar, Ghardaïa et El Oued.

La présence permanente de *H. dromedarii* et de *H. impeltatum* est probablement liée à l'adaptation de ces deux espèces aux conditions climatiques défavorables du Sahara, ces espèces pouvant effectuer plusieurs cycles dans l'année (**WALKER et al., 2003**).

H. anatolicum excavatum est une espèce retrouvée dans les zones comprises entre les isohyètes 500 et 1000 mm (**MERCK, 2008**). Cette espèce a été retrouvée au nord du Burkina Faso (**OUEDRAOGO, 1975**), au Sénégal (**GUEYE et al., 1993**) et (**MAMADOU, 2012**) au Sénégal sur les populations des dromadaires.

3.1.4.- Evolution saisonnière des tiques chez les dromadaires dans les régions prospectées par des indices parasitaires

3.1.4.1.- Région de Touggourt

Le **tableau 11**, représente les taux d’infestations saisonnières et les charges parasitaires, enregistrées pendant notre étude. Une haute infestation des dromadaires est constatée pendant presque toute l’année, avec une certaine variabilité d’une saison à une autre.

Tableau 11- Répartition saisonnière des indices parasitaires des tiques recensées à Touggourt

Région	Saisons	Hôtes examinés	Hôtes infestés	N.de parasites	P%	I	A
Touggourt	Automne	<i>Camelus dromedarius</i>					
	<i>H dromedarii</i>	235	53	144	22,55	2,72	0,61
	<i>H. impeltatum</i>	235	31	68	13,19	2,19	0,29
	Total	235	84	212	35,74	4,91	0,90
	Hiver	<i>Camelus dromedarius</i>					
	<i>H. dromedarii</i>	235	30	84	12,77	2,8	0,36
	<i>H. impeltatum</i>	235	13	20	5,53	1,54	0,09
	Total	235	43	104	18,30	4,34	0,45
	Printemps	<i>Camelus dromedarius</i>					
	<i>H. dromedarii</i>	235	55	112	23,40	2,04	0,48
	<i>H. impeltatum</i>	235	31	65	13,19	2,10	0,28
	Total	235	86	132	36,59	4,14	0,76
	Eté	<i>Camelus dromedarius</i>					
	<i>H. dromedarii</i>	235	65	181	27,66	2,78	0,77
	<i>H. impeltatum</i>	235	16	29	6,81	1,81	0,12
<i>H.anatolicum excavatum</i>	235	1	3	0,43	3	0,01	
Total	235	82	213	34,9	7,59	0,9	

N : nombre total de tiques de l’espèce ; H : *Hyalomma.*; P : prévalence (%) ; I : intensité parasitaire ; AB : abondance parasitaire.

Le taux d’infestation le plus élevé (36,59%) est constaté durant le printemps, puis en automne avec une valeur de 35,74%, ensuite en été (34,9%) (**Fig.17a**). Le taux d’infestation le plus faible est marqué en hiver (18,3%) (**Tab.11**).

Les taux d’infestation les plus élevés sont relevés pour *H. dromedarii* durant pratiquement toute l’année; dont le plus important (27,66%) en été et une faible apparition en hiver

(12,77%) (**Tab.11**). Chez *H. impeltatum*, la prévalence maximale se situe en automne et au printemps (13,19%) et diminue en été (6,81%) et en hiver (5,53%). L'espèce *H. anatolicum excavatum* n'apparaît qu'en été avec 3 individus (0,43%) sur un seul dromadaire (**Fig.17a**). Afin de déterminer l'existence d'une corrélation significative de l'infestation de tiques entre chaque saisons de collecte, nous avons effectué le test de l'indépendance Khi-deux (X²). Les résultats ont montré que le P-value est de 0,376 > α (0,05) ce qui montre que la différence de taux d'infestation entre les saisons n'est pas statistiquement significative.

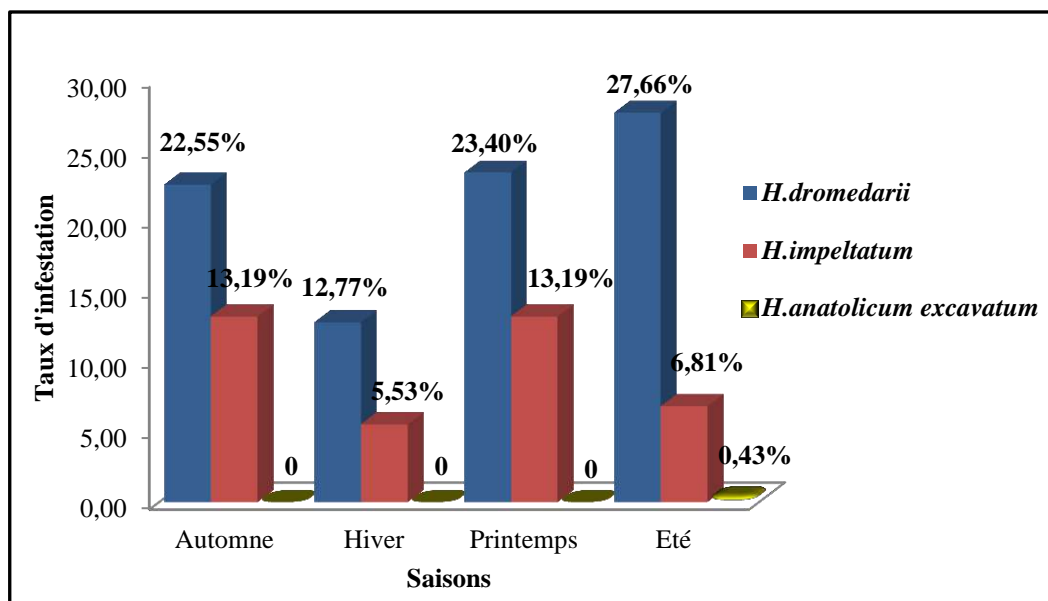


Figure 17a- Distribution saisonnière des taux d'infestation à Touggourt

Une charge parasitaire de 213 tiques par animal a été relevée en été, avec une intensité de 7,59 tiques par animal et une abondance de 0,9 tique par animal. S'en suit l'automne avec une charge de 4,91 T/A et une abondance de 0,9 T/A. Une faible charge parasitaire a été notée au printemps (I = 4,14 T/A et A= 0,76) (**Tab.11 ; Fig.17b**). En ce qui concerne l'intensité d'infestation par espèce, le parasite le plus abondant est toujours *H. dromedarii*, le plus présent dans toutes les saisons. Les valeurs maximales sont notées en hiver (2,8 tiques par animal) et en été (I= 2,78 T/A) (**Fig.17b**). La valeur de l'abondance la plus élevée est notée par *H. dromedarii* en (0,77) et la plus faible en hiver (0,36). Le nombre de tiques récoltées varie globalement d'une saison à l'autre. L'espèce *H. impeltatum* atteint le seuil maximal de l'intensité en automne (2,19 T/A), par contre en hiver, la valeur diminue pour atteindre 1,54 T/A. L'analyse de l'abondance confirme celle de l'intensité. Les valeurs de l'abondance *H. impeltatum* varient de 0,29 en automne, 0,28 au printemps et minuent considérablement en hiver (0,09) (**Fig.17b**). L'espèce *H. anatolicum excavatum* n'est présente qu'en été et chez un

seul hôte ; les indices enregistrés par ce parasite sont faibles. La prévalence est plus faible (0,43) par rapport aux autres espèces. Quant à l'intensité parasitaire mensuelle, nous avons noté la présence de 3 tiques (3T/A) et avec une plus faible abondance (0,01) (Fig.17b).

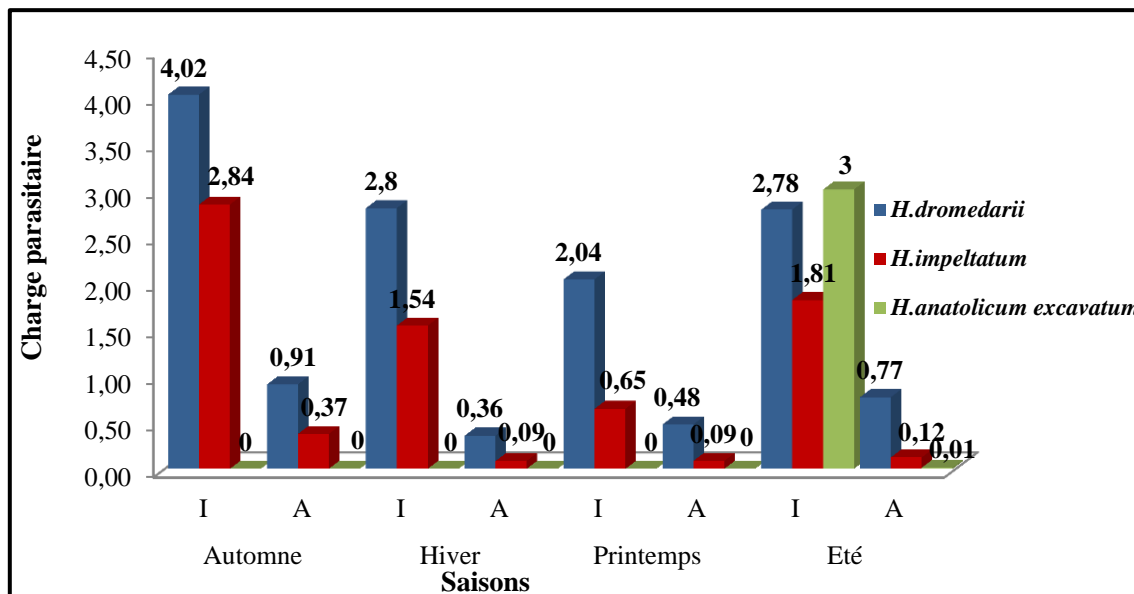


Figure 17b- Charge parasitaire saisonnière des dromadaires selon les espèces de tiques à Touggourt

3.1.4.2.- Région d'El Oued

La variation du parasitisme en fonction des saisons chez les ectoparasites des dromadaires à El Oued pendant la période 2018 -2019, est mentionnée dans le **tableau 12**.

Tableau 12 - Répartition des indices parasitaires selon les saisons chez les dromadaires dans la région d'El Oued

Région	Saisons	Hôtes examinés	Hôtes infestés	N.de parasites	P%	I	A
El Oued	Automne	Dromadaire (<i>Camelus dromedarius</i>)					
	<i>H. dromedarii</i>		47	216	19,18	4,60	0,88
	<i>H. impeltatum</i>	245	32	67	13,06	2,09	0,27
	Total		79	283	32,24	6,69	1,16
	Hiver	Dromadaire (<i>Camelus dromedarius</i>)					
	<i>H. dromedarii</i>		16	75	6,53	4,69	0,3
	<i>H. impeltatum</i>	245	7	12	2,86	1,71	0,05
	Total		23	87	9,39	6,40	0,4
	Printemps	Dromadaire (<i>Camelus dromedarius</i>)					
	<i>H. dromedarii</i>		22	105	8,98	4,77	0,4
	<i>H. impeltatum</i>	245	13	29	5,31	2,23	0,1
	Total		35	134	14,29	7,00	0,5

Eté	Dromadaire (<i>Camelus dromedarius</i>)					
<i>H. dromedarii</i>		53	256	21,63	4,83	1
<i>H. impeltatum</i>	245	30	73	12,24	2,43	0,3
<i>H.anatolicum excavatum</i>		2	6	0,82	3	0,01
Total		85	335	34,69	10,26	1,4

N : nombre total de tiques de l'espèce ; H : nombre total de dromadaires infestés ; P : prévalence (%) ; I : intensité d'infestation ; A : Abondance parasitaire.

La présence de toutes les espèces sur les dromadaires a été saisonnière, avec une période d'infestation plus ou moins limitée selon l'espèce. La prévalence d'infestation observée durant l'été était la plus élevée (34,7%), suivie par l'automne avec 32,2%. Le printemps et l'hiver sont faiblement représentés, avec des valeurs respectives de 14,3% et 9,4% (Tab.12). Nos observations montrent que l'espèce *H. dromedarii* a été rencontrée pendant toute la durée de l'étude, avec un pourcentage d'infestation de 21,6% en été, suivi par l'automne avec 19,2%. Le printemps et l'hiver sont faiblement représentés, respectivement 9% et 6,5% (Fig.18a).

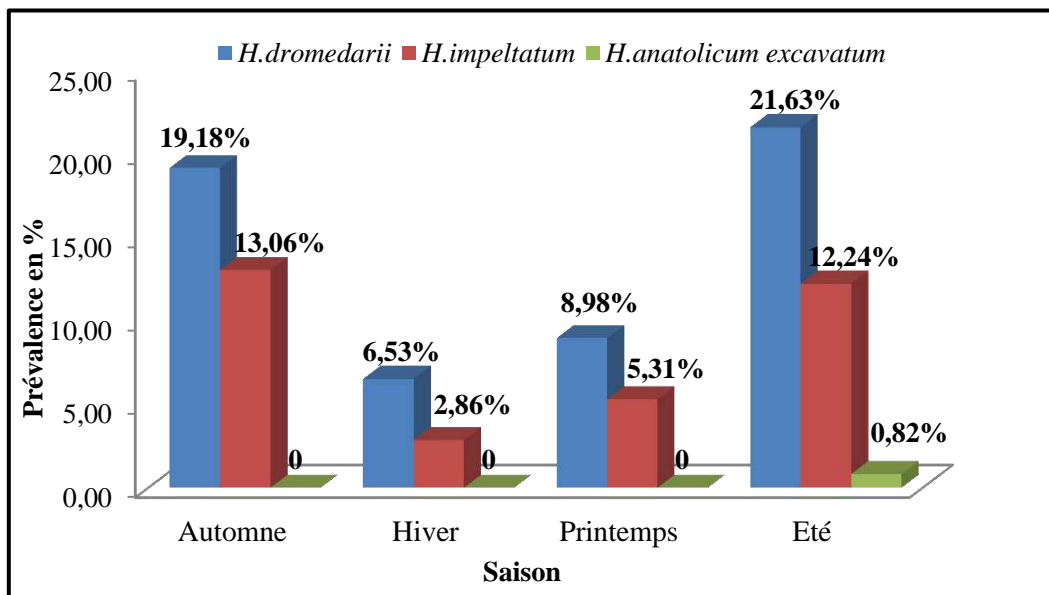


Figure 18a- Répartition des prévalences parasitaires chez les dromadaires selon les espèces de tiques à El Oued

L'intensité parasitaire est plus élevée chez *H. dromedarii* durant l'été et l'automne avec respectivement 4,8 tiques/animal infesté et 4,6 tiques/animal infesté pour une valeur de l'abondance parasitaire de l'ordre de 1 tique/animal infesté (Fig.18b).

Concernant *H. impeltatum*, le taux d'infestation le plus élevé est relevé en automne avec 13,06 % et faible en hiver avec un pourcentage de 3 %. Le taux d'intensité parasitaire est variable d'une saison à l'autre dont le plus important est enregistré durant l'été (2,4 tiques par

animal infesté). Par contre, il diminue en hiver (1,7 tique par animal infesté). Les valeurs de l'abondance de ce parasite les plus importantes sont celles de l'automne (0,88) et de l'été (1) (**Fig.18b**). Alors que, chez *H. anatolicum excavatum* n'a été rencontrée que pendant l'été avec un taux d'infestation de 0,8%, une intensité ne dépassant pas 3 parasites/dromadaire infesté et une abondance de 0,01 parasite/dromadaire examiné (**Fig.18b**).

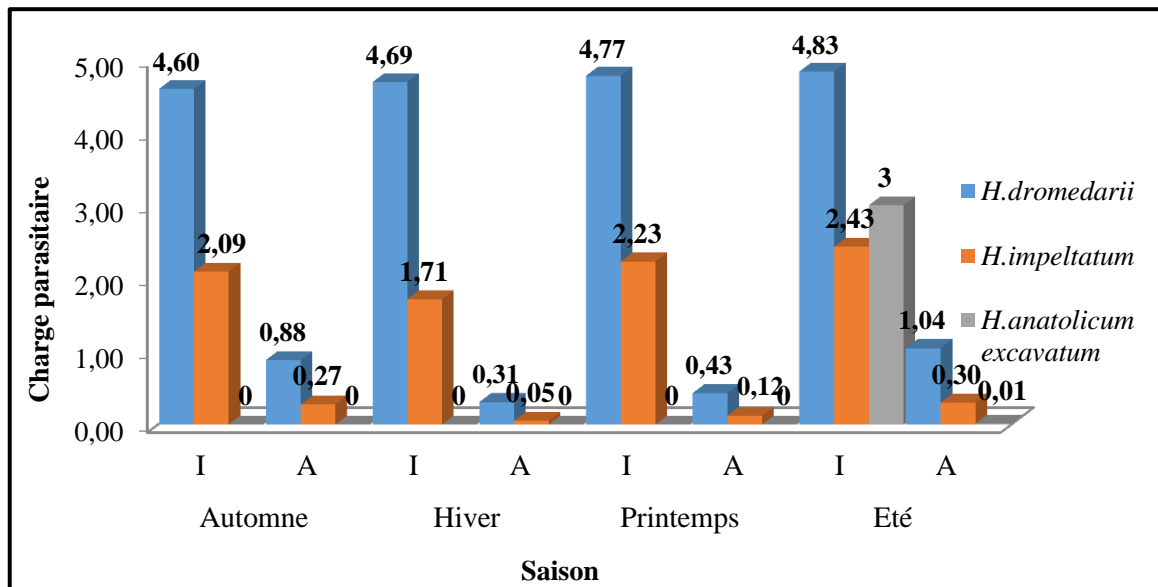


Figure 18b- Charge parasitaire saisonnière enregistrée selon les espèces de tiques dans la région d'El Oued (A : abondance ; I : intensité parasitaire)

Discussion

L'étude de la variation saisonnière nous permet de déterminer la période de pic de l'activité des tiques. Une haute infestation des tiques chez les dromadaires est enregistrée durant presque toute la période d'étude, avec une certaine variabilité saisonnière (**Tab.12**). Ce qui est en concordance avec les travaux de **BOUHOUS (2008)** à Adrar, **BEN YUCEF et LABIDI (2017)** à El Oued, **SEDDIK et al., (2016)** au Sud tunisien, **BEN SMIDA (2005)** et **HNICHE (2006)**. L'espèce *H. anatolicum excavatum* a été rencontrée pendant toute la période d'étude sauf pendant l'été. **SEDDIK et al., (2016)** au Sud tunisien ont observé un pic d'activité automnal. La rareté de *H. anatolicum excavatum* est probablement liée à son cycle, caractérisé par des diapauses pendant les périodes défavorables (**WALKER et al., 2003**), ou du fait que les dromadaires ne pâturent que rarement au niveau des prairies, faisant partie de l'aire de distribution géographiques de ces espèces.

3.1.5.- Influence des facteurs de réceptivité et sensibilité sur l’infestation des dromadaires par les ectoparasites

3.1.5.1.- Influence du facteur sexe des dromadaires

Sur les 400 dromadaires infestés au total, nous avons effectué une répartition selon le sexe. Le **tableau 13** indique que les femelles constituent les deux tiers de la population infestée.

Tableau 13 - Répartition des indices parasitaires en fonction du sexe

Région	Nb. infestés	Sexe		N. tiques		P		I		A	
		♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
El Oued	161	126	35	672	174	86,9	35	5,33	4,97	4,63	1,74
Biskra	50	50	0	393	0	33,33	0	7,86	0	2,62	0
Tougourt	189	159	30	793	137	96,36	42,86	4,99	4,57	5	1,96
Total	400	335	65	1858	311	72,20	25,95	6,06	3,18	4,08	1,23

Nb. : nombre total des dromadaires infestés ; N : Nombre total de tiques ; P : prévalence en pourcentage ; I : intensité d’infestation ; A : Abondance parasitaire.

Les résultats présentés dans le **tableau 13** montrent que le nombre de tiques récoltées sur les dromadaires échantillonnés dans les régions d’étude est plus élevé chez les chamelles que chez les mâles. A Touggourt, la prévalence est de 96,36% chez les femelles contre 42,86% pour les mâles, suivie par El Oued qui enregistre un taux d’infestation de 86,9% chez les femelles et 35% chez les mâles. Par contre dans la région de Biskra, nous avons relevé un taux d’infestation de 100 % chez les chamelles et ce pour cause d’absence de mâles (**Fig.19a**).

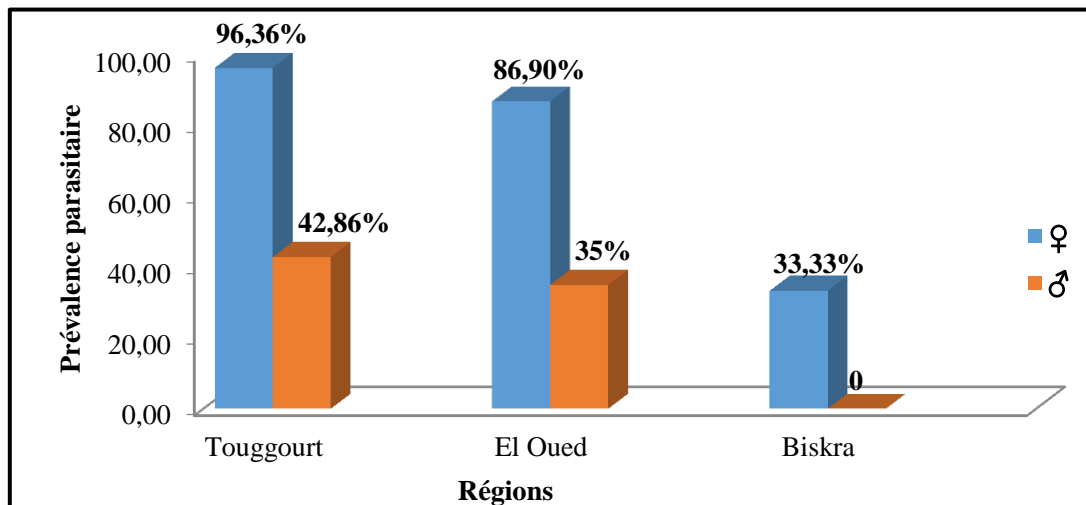


Figure 19a– Répartition du taux de prévalence en fonction du sexe des dromadaires

L'observation de l'intensité parasitaire annuelle en fonction du sexe des dromadaires, a permis de noter des valeurs relativement élevées chez les mâles à El Oued (4,97 T/A) et à Touggourt (4,57 T/A) (**Fig.19b**). Les plus hautes intensités parasitaires ont été observées sur les dromadaires femelles à raison de 7,86 à Biskra, 5,33 à El Oued et 4,99 tiques par animal infesté à Touggourt.

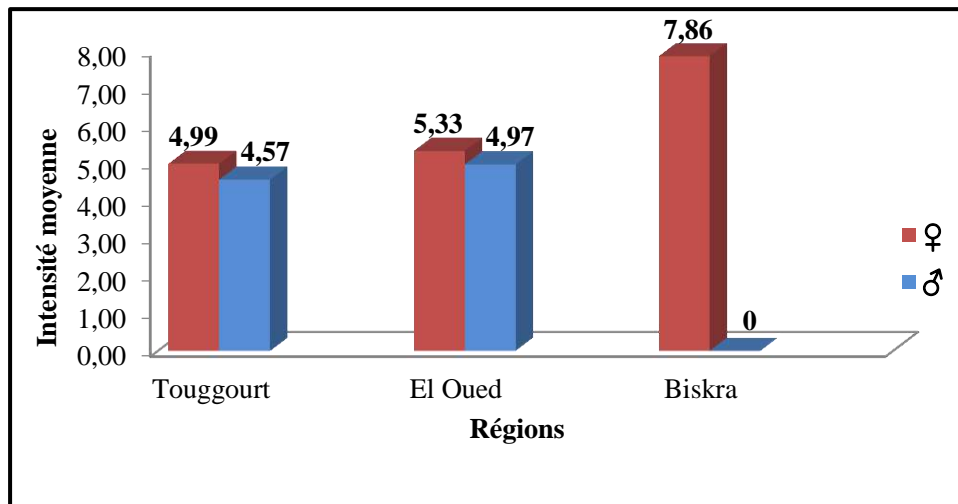


Figure 19b- Répartition de l'intensité parasitaire en fonction du sexe des dromadaires

Les valeurs de l'abondance sont comprises entre 4,63 et 5 chez les femelles, à El Oued et Touggourt respectivement. Alors qu'à Biskra nous avons noté une absence totale des mâles. A Touggourt et El Oued, elles sont comprises entre 1,74 et 1,96, respectivement (**Fig.19c**).

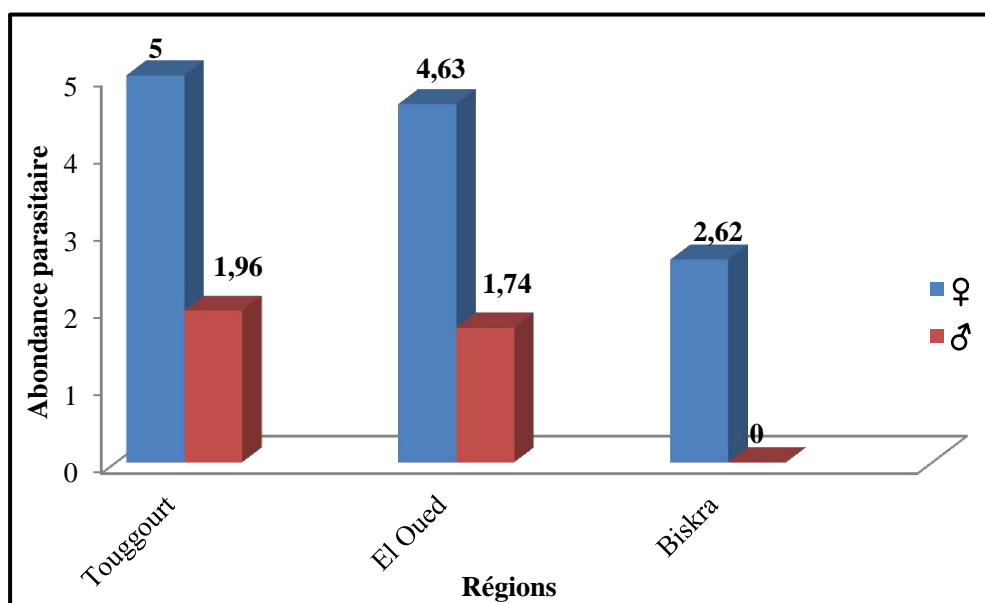


Figure 19c- Répartition des abondances en fonction du sexe des dromadaires

Discussion

Le degré du parasitisme est plus marqué chez les femelles que les mâles. Le nombre de tiques récoltées sur les dromadaires échantillonnés à Touggourt est plus élevé chez les femelles (chamelles) que chez les mâles avec une prévalence de 96,36% par rapport aux mâles qui constituent 42,86%. Il est suivi par El Oued qui enregistre un taux d'infestation de 86,9% chez les femelles par rapport par rapport aux mâles (35%). Par contre dans la région de Biskra, le taux d'infestation est de 100% chez les chamelles et absence totale des mâles (**Tab.13**). La même constatation a été par **BEN YUCEF et LABIDI (2017)** à El Oued et **BOUHOUS et al., (2008)** à Adrar. Par contre **MOREL et al., (2000)** ont signalé que les tiques sont ordinairement plus fréquentes sur les mâles que sur les femelles.

3.1.5.2.- Influence du facteur âge des dromadaires

3.1.5.2.1.- Touggourt

Tableau 14 - Répartition des indices parasitaires des dromadaires chez les différentes classes d'âges à Touggourt

Région	Classes d'âges	Nb.de dromadaires examinés	Nb.de dromadaires infestés	Nb.de tiques	P%	I	A
Touggourt	< 1 ans	15	10	62	66,67	6,20	4,13
	1–3ans	45	38	185	84,44	4,87	4,11
	4–9ans	75	64	305	85,33	4,77	4,07
	10–15ans	90	74	363	82,22	4,91	4,03
	> 15ans	10	3	15	30	5	1,50

Nb : nombre ; P : prévalence en pourcentage ; I : intensité d'infestation ; A: Abondance parasitaire.

Une prévalence maximale des tiques chez trois classes d'âges essentiellement, avec une prédominance chez la classe 4-9 ans (85,33%), suivie par celle des 1-3 ans (84,44%), puis la classe d'âge 10-15ans (82,22%) (**Tab.14**). Le minimum concerne la classe > 15ans (30%) et > 15ans (30%) (**Fig.20a**).

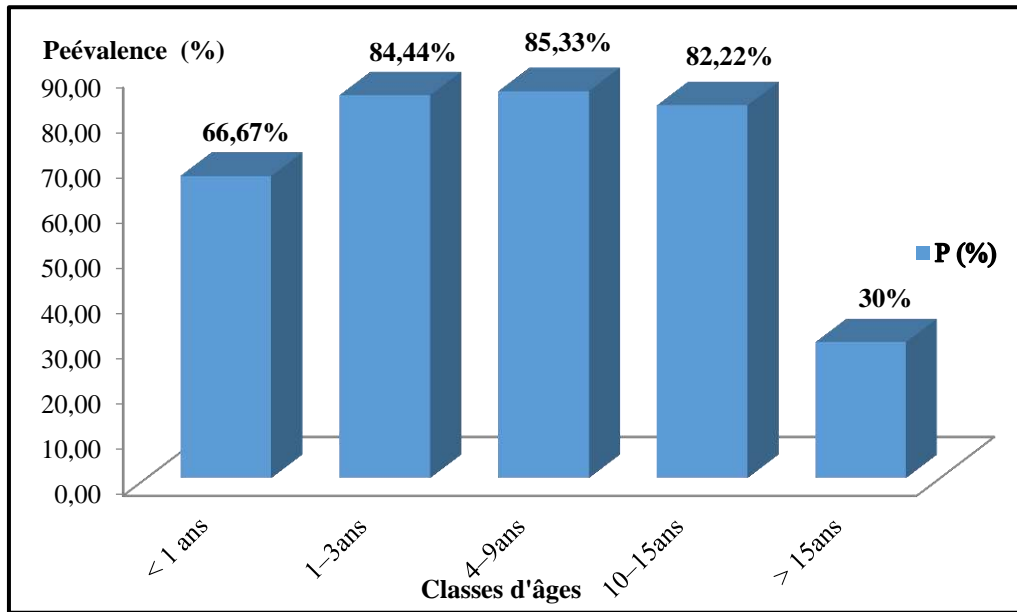


Figure 20a- Répartition des prévalences des ectoparasites chez les dromadaires en fonction des classes d'âges à Touggourt

L'intensité d'infestation par les tiques est élevée chez les jeunes (classe d'âge < 1). Elle atteint 6,20 tiques par animal, suivie par la classe d'âge > 15ans (5 tiques par animal). Alors que les autres classes ont enregistré des valeurs relativement proches, comprises entre 4,91 et 4,77 (Fig.20b). De ce fait, l'abondance est-elle même importante (chez les toutes classes d'âge) avec des valeurs comprises entre 4,13 et 4,03 ; exceptée la classe > 15ans qui est faiblement représentée (1,5) (Fig.20b).

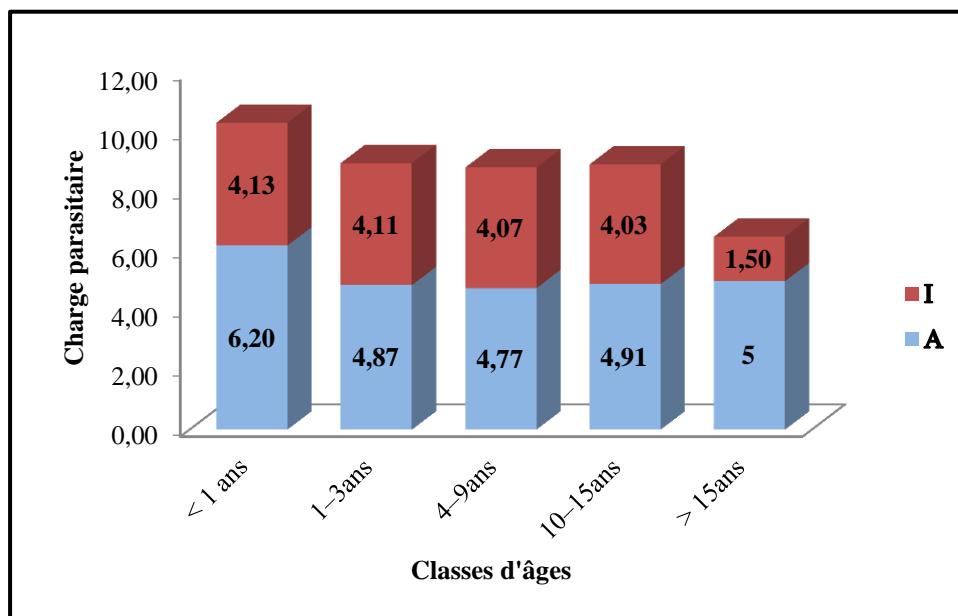


Figure 20b- Répartition des charges parasitaires des ectoparasites chez les dromadaires en fonction des classes d'âges à Touggourt

3.1.5.2.2.- El Oued

La répartition des indices parasitaires chez les dromadaires selon la classe d'âge est notée sur le **tableau 15**.

Tableau 15 - Répartition des indices parasitaires des dromadaires chez les différentes classes d'âges à El Oued

Région	Classes d'âges	Nbre.de dromadaires examinés	Nbre.de dromadaires infestés	Nbre.de tiques	P%	I	A
El Oued	< 1 ans	32	8	38	25	4,75	1,19
	1-3ans	53	35	188	66,04	5,37	3,55
	4-9ans	58	47	246	81,03	5,23	4,24
	10-15ans	79	60	320	75,95	5,33	4,05
	> 15ans	33	11	54	33,33	4,91	1,64

P : prévalence en pourcentage ; I : intensité d'infestation ; A : Abondance parasitaire.

Les prévalences des tiques chez les dromadaires infestés sont diversifiées selon la classe d'âge. Une prévalence maximale (81,03%) d'infestation par les tiques chez la classe 4-9 ans a été relevée, suivie par les classes 10-15ans et 1-3ans, atteignant respectivement 75,95% et 66,04% (**Tab.15**). Les plus faibles valeurs concernent les classes d'âges < 1 an et > 15ans avec une prévalence de 25% et 33,33%, respectivement (**Fig. 21a**).

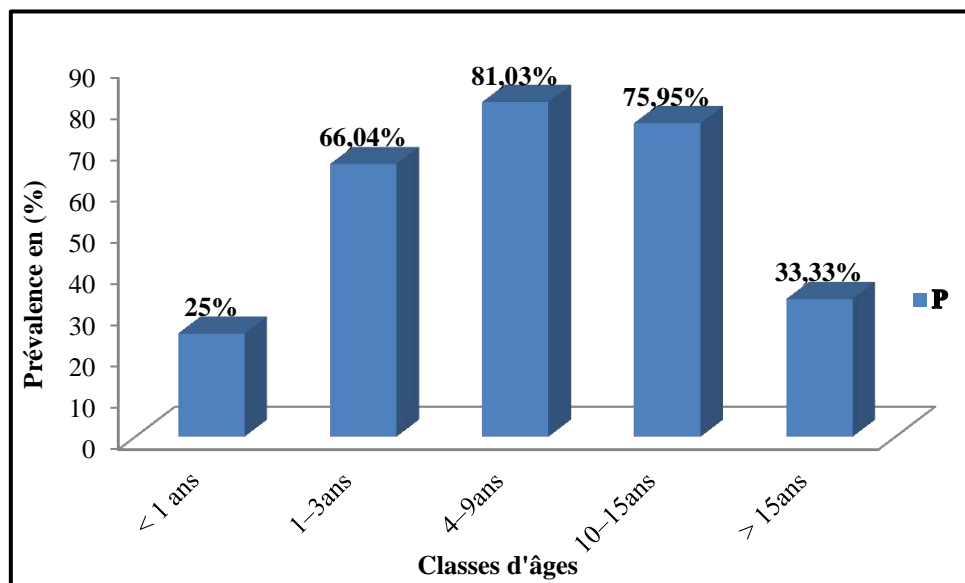


Figure 21a– Répartition du taux de prévalence en fonction des classes d'âges des dromadaires dans la région d'El Oued

En ce qui concerne l'intensité, elle atteint une valeur maximale de 5,37 ; 5,33 et 5,23 tiques par animal infesté chez les classes respectives 1–3ans ; 10–15ans et 4–9ans (**Fig.21b**). Ceci entraîne une augmentation du facteur abondance, notamment chez la classe 4–9ans (4,24) et 10–15ans (4,05) (**Tab.15**).

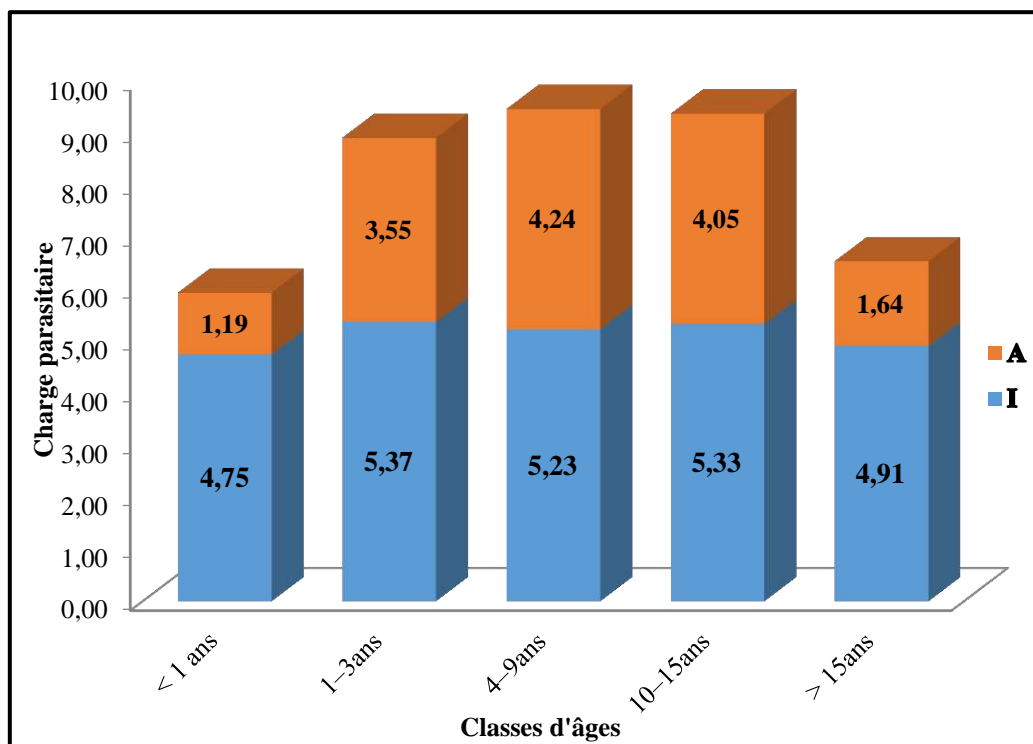


Figure 21b- Répartition des charges parasitaires en fonction des classes d'âges des dromadaires à El Oued (A : abondance ; I : intensité parasitaire)

3.1.5.2.3.- Biskra

La répartition des indices parasitaires chez les dromadaires infestés selon la classe d'âge est mentionnée dans le **tableau 16**.

Tableau 16- Répartition des indices parasitaires des dromadaires chez les différentes classes d'âges à Biskra

Région	Classes d'âges	Nbre.de dromadaires examinés	Nbre.de dromadaires infestés	Nbre.de tiques	P %	I	A
Biskra	< 1 ans	27	5	34	18,52	6,80	1,26
	1–3ans	32	12	109	37,50	9,08	3,41
	4–9ans	26	17	129	65,38	7,24	4,73
	10–15ans	28	12	107	42,86	8,92	3,82
	> 15ans	37	4	23	10,81	5,75	0,62

P : prévalence en pourcentage ; I : intensité d'infestation ; A : Abondance parasitaire.

L'évaluation des taux d'infestation par les parasites fait apparaître des intervalles de prévalence qui varient entre 10 et 65% (Fig.22). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées chez la classe 4–9ans où le taux d'infestation atteint 65,38%. Alors que chez les individus âgés entre 10-15ans, la prévalence atteint 42,86%. Par contre dans la classe > 15 ans, le taux d'infestation est beaucoup plus faible (10,81%) (Tab.16). L'intensité parasitaire atteint une valeur maximale de 9,08 parasites par individu infesté chez les dromadaires de la classe d'âge de 1-3 ans et une valeur minimale de 5,75 chez la classe >15ans (Fig.22). Par conséquent, l'abondance atteint des valeurs importantes chez les classes d'âges 4-9ans (4,73) par rapport à la classe >15ans (0,62).

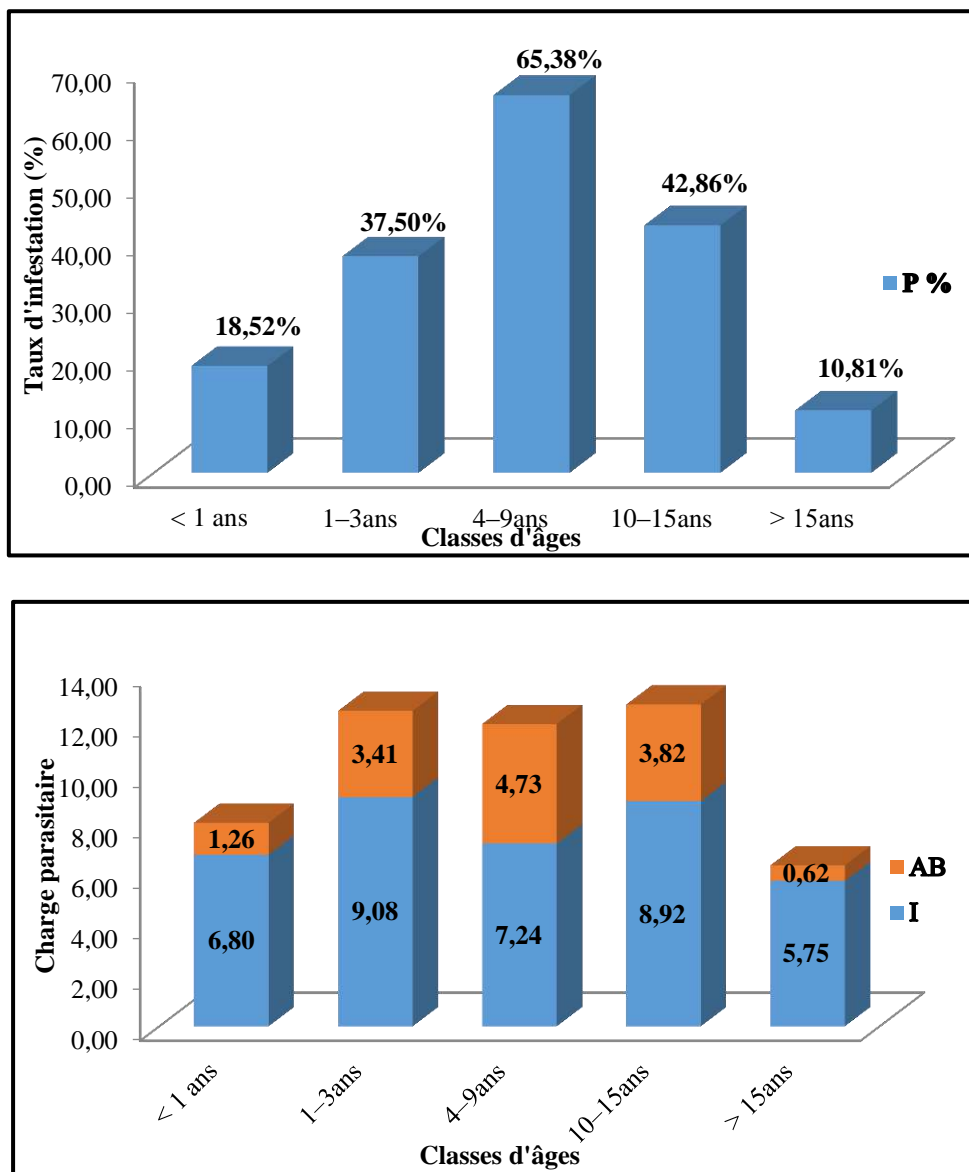


Figure 22– Répartition des indices parasitaires en fonction des classes d'âges des dromadaires à Biskra

Discussion

Une prévalence maximale des tiques a été relevée chez les trois classes d'âges, avec une prédominance chez les 4-9 ans, suivie par la classe d'âge 1-3 an, puis celle des 10-15ans dans la région de Touggourt (**Tab.14**). Alors que dans la région d'El Oued, une prévalence maximale d'infestation par les tiques a été constatée chez la classe 4-9 ans, suivie par les classes 10-15ans et 1-3ans (**Tab.15**). Dans la station du Biskra, les prévalences les plus élevées ont été enregistrées dans la classe d'âge de 4–9ans, suivie par les 10-15ans (**Tab.16**). Nos résultats sont similaires à ceux mentionnés par **BENCHIKH ELFEGOUN et al., (2013)** chez les bovins à Constantine; **GHARBI et DARGHOUTH (2014)** au Maroc. Ce résultat peut être justifié par le mode de vie des animaux ; les veaux sont généralement gardés en stabulation durant les premiers mois de leur vie, diminuant ainsi le risque de leur exposition aux tiques dans les pâturages.

3.2.- Séroprévalence de la fièvre Q et *Trypanosoma evansi*

3.2.1.- Fièvre Q chez les dromadaires dans les régions de Touggourt, El Oued et Biskra

Dans cette partie, nous avons analysé les résultats des études sérologiques afin de déterminer les zones à risque et de caractériser les facteurs de propagation de la maladie dans les différents troupeaux de dromadaires.

3.2.1.1. - Séroprévalence de *Coxiella burnetii* chez les dromadaires en fonction des régions

Les résultats de la répartition de la séroprévalence de la fièvre Q en fonction des différentes régions prospectées (Touggourt, El Oued et Biskra) sont présentés dans le **tableau 17**.

Tableau 17 - Séroprévalence de la fièvre Q en fonction du site

Facteur	Catégorie	Sérum testé		Prévalence de <i>Coxiella burnetii</i>				P
				+ve		-ve		
		N	%	No	P%	No.	P%	
Site	Touggourt	26	14,13	22	84,6	4	15,4	0,045
	El Oued	108	58,70	71	65,7	37	34,3	
	Biskra	50	27,17	45	90	5	10	
	Total	184	100	138	75	46	25	

Univariate analyses (χ^2 test de signification); N: nombre de dromadaires échantillonnés; P (%): taux de prévalence; +ve : positive ; -ve : négative ; P.: degré de signification. No : nombre des dromadaires.

Les 184 sérums collectés ont été testés pour les anticorps IgG contre *Coxiella burnetii* en utilisant ELISA. En effet, l'intervalle de confiance à 95% de la séroprévalence individuelle de 138 (75% ; $P = 0,045$), leurs sérologies se sont révélées positives (115 fortement positives et 99 positives) et 46 (25%) négatives (**Tab.17**). Une différence significative a été notée selon la situation géographique. Ces résultats montrent que la région de Biskra est la région la plus touchée par la fièvre Q avec une prévalence individuelle de 90%. Par contre, nous avons retenu 84,6% et 65,7% pour Touggourt et El Oued, respectivement (**Fig.23**).

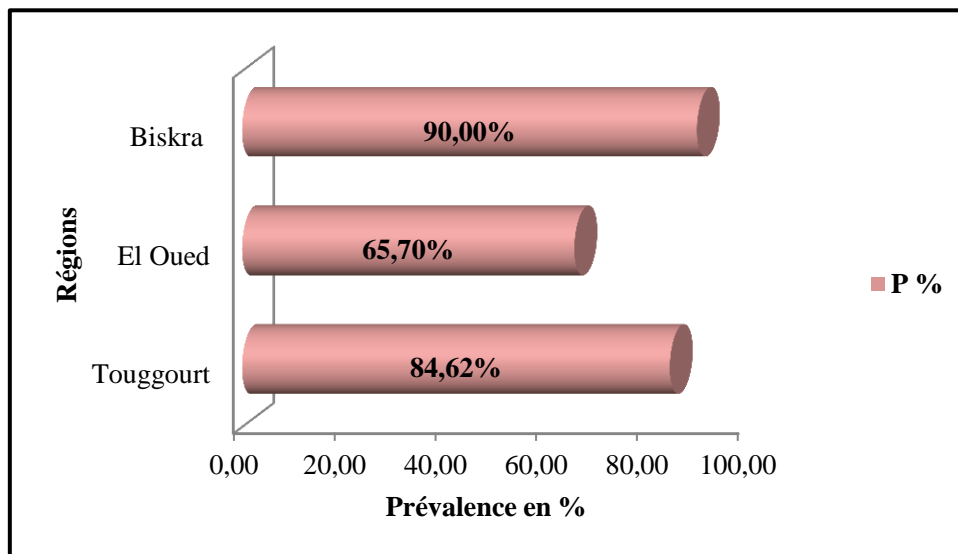


Figure 23- Répartition de la prévalence séropositive de la Fièvre Q (*Coxiella burnetii*) chez les dromadaires en fonction des régions

Discussion

La présente étude sérologique a confirmé l'existence de *C. burnetii* chez les dromadaires dans les trois régions d'étude, avec un taux d'infection important (75%) (**Tab.17**). Le taux de séroprévalence est en accord avec ceux obtenus dans les mêmes régions (71,2%) par **BENAISSA et al., (2017)**. En revanche, elle est plus élevée que celles rapportées en Iran (28,7%) (**PIROUZ et al., 2015**), au Kenya (18,4%) (**BROWNE et al., 2017**), en Égypte (16%) (**SAMAH et al., 2016**), 44% au Tunisie (**SELMY et al., 2018**) et en Arabie Saoudite (62%) (**HUSSEIN et al., 2008**). Cependant, nos résultats montrent une séroprévalence plus faible que celle observée au Tchad 80% (**SCHELLING et al., 2003**) et en Éthiopie (90%) (**GUMI et al., 2013**). Cette forte séroprévalence indique que, d'une part, l'aridification de nombreux pays a accru l'élevage des dromadaires (**KLEMMER, 2018**). Et d'autre part, cette prévalence élevée est clairement imputable aux mauvaises conditions de gestion et d'hygiène dans lesquelles les animaux sont gardés dans ce pays. Par ailleurs, leur exposition fréquente à

de fortes tempêtes de sable et à de la poussière contaminée par des infections aéroportées, y compris vraisemblablement *C. burnetii*, pendant le pâturage dans le désert (HUSSEIN et al., 2015; HOGERWERF et al., 2011 ; MARMION, 2009; RAOULT et al., 2005). De plus, la possibilité de transmission de l'infection à l'homme par contact avec des carnivores domestiques infectés (AGAG, 2016). Enfin, les arthropodes; principalement les tiques, peuvent être impliquées dans la transmission de la fièvre Q (O.I.E., 2018). Un autre facteur contributif pourrait être l'infestation courante de dromadaire par la tique *H. dromedarii*. Cette tique est connue pour héberger *C. burnetii* et la sécréter dans ses excréments et sa salive (REHACEK et BREZINA, 1968 ; HUSSEIN et al., 2015).

3.2.1.2.- Séroprévalence de *Coxiella burnetii* en fonction du sexe

Le **tableau 18** montre la variabilité de la séroprévalence des anticorps anti *Coxiella burnetii* en fonction du sexe des dromadaires.

Tableau 18 - Séroprévalence de la fièvre Q en fonction du sexe

Facteur	Catégories	Sérum testé		Prévalence de <i>Coxiella burnetii</i>				P
				+ve		-ve		
		N	%	N	P%	N	P%	
Sexe	Femelles	174	94,57	128	73,6	46	26,4	0,06 *
	Mâles	10	5,43	10	100	0	0	

Univariate analyses (χ^2 test de signifiante) ; N: nombre de échantillonnés; P%: taux de prévalence; +ve : positive ; -ve : négative ; P : degré de signification ; *: statistiquement pas de test significatif.

En ce qui concerne la prévalence de la fièvre Q par rapport au sexe, le taux le plus élevé concerne les mâles avec une séroprévalence de 100%, mais chez les femelles dromadaires on obtient un taux de 73,6%, (**Tab.18**). Les résultats par le test de χ^2 n'ont montré aucune différence significative entre les mâles et les femelles.

Discussion

Selon les facteurs de risque potentiels associés à l'infection par la fièvre Q, nos résultats n'ont montré aucune différence significative concernant la séroprévalence et ce quel que soit le sexe dans; cela pourrait être attribué au faible nombre de mâles analysés (**Tab.18**). Cette constatation est contrairement signalée selon les études menées par BENAÏSSA et al., (2017) et en Tunisie par SELMI et al., (2018), où une séropositivité élevée, significative a été particulièrement observée chez les chamelles ayant des antécédents d'avortement (70%). Cette sensibilité plus élevée des femelles, en particulier des femelles adultes, est due à la

remarquable affinité de *C. burnetii* pour le pis, le placenta et les autres organes reproducteurs femelles des ruminants (KILIC *et al.* 2005 ; MARRIE, 1990 ; AITKEN, 1989).

3.2.1.3.- Séroprévalence de *Coxiella burnetii* chez les dromadaires en fonction des classes d'âges

Les résultats de séroprévalence des classes d'âge des dromadaires sont indiqués dans le **tableau 19**.

Tableau 19 - Séroprévalence de la fièvre Q en fonction des classes d'âges

Facteur	Catégories	Sérum testé		Prévalence de <i>Coxiella burnetii</i>				P
				+ve		-ve		
		N.	%	N.	P%	N.	P%	
Classes d'âges	1 (< 1an)	15	8,15	3	20	12	80,00	<0,001
	2 (1-3ans)	37	20,11	29	78,4	8	21,6	
	3 (4-9ans)	55	29,89	47	85,5	8	14,5	
	4 (10-15ans)	65	35,33	51	78,5	14	21,5	
	5 (> 15ans)	12	6,52	8	66,7	4	33,3	

Univariate analyses (χ^2 teste de signifiacnce) ; N: nombre de échantillonnés; P(%): taux de prévalence; +ve : positive ; -ve : négative ; P : degré de signification.

Le **tableau 19** montre que dans la catégorie d'âge 4-9ans, la séropositivité à la fièvre Q était plus élevée ($P < 0,001$) avec 85,5%, suivie respectivement par les classes d'âges 2 (78,5%) et 4 (78,4%). Par contre, chez les dromadaires <1 an, la prévalence est de 20% (**Fig.24**).

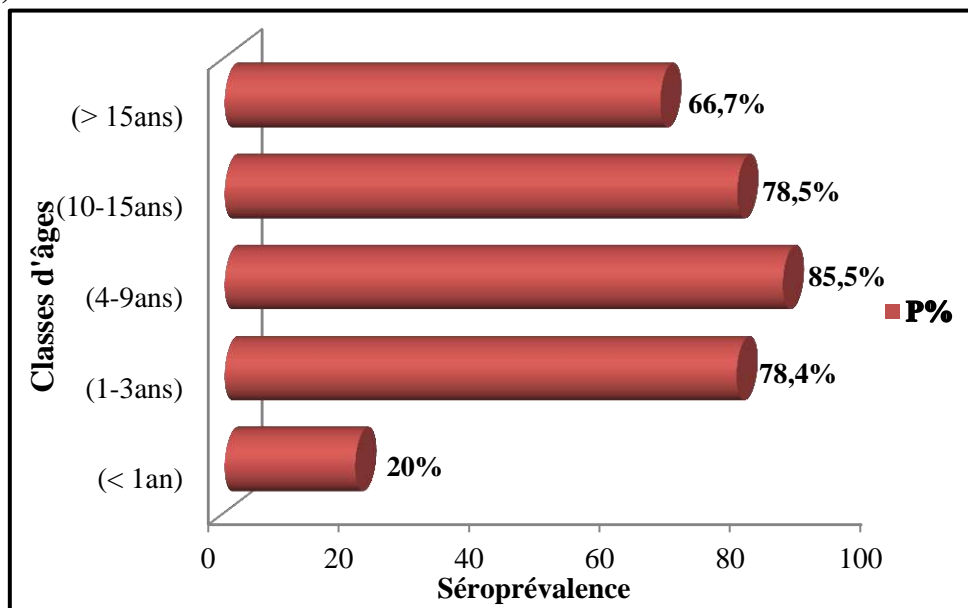


Figure 24- Répartition de la prévalence séropositive de la fièvre Q chez les dromadaires en fonction des classes d'âges

Discussion

L'étude a également montré que la prévalence de *C. burnetii* chez les dromadaires était significativement affectée par l'âge. La prévalence chez les dromadaires adultes est 3 fois plus importante que celle des dromadaires juvéniles (<1 an) (**Tab.19**). Le taux élevé de séropositivité chez les animaux plus âgés pourrait s'expliquer par une exposition de plus longue durée dans l'environnement. Nos résultats sont en accord avec d'autres études menées dans la même région (**BENAISSA et al., 2017**), ainsi que d'autres, menés dans d'autres pays, dont l'Éthiopie, l'Arabie Saoudite, l'Iran et la Tunisie (**GUMI et al., 2013 ; HUSSEIN et al., 2015 ; JANATI et al., 2015 ; PIROUZ et al., 2015 ; SELMI et al., 2018**).

3.2.1.4.- Séroprévalence de la *Coxiella burnetii* chez les dromadaires en fonction des saisons

La répartition de la fièvre Q durant les différentes saisons est mentionnée dans le **tableau 20** et la **figure 25**.

Tableau 20- Répartition de la fièvre Q au cours des saisons

Facteur	Catégorie	Sérum testé		Prévalence de <i>Coxiella burnetii</i>				P
				+ve		-ve		
		N.	P%	N.	P%	N.	P%	
Saison	Automne	50	27,17	46	92	4	8	0,011
	Hiver	98	53,26	69	70,4	29	29,6	
	Printemps	9	4,89	6	66,7	3	33,3	
	Été	27	14,67	17	63	10	37	

Univariate analyses (χ^2 teste de signifiante) ; N: nombre de échantillonnés; P(%): taux de prévalence; +ve : positive ; -ve : négative ; P : degré de signification.

La coxiellose a évolué dans les troupeaux de dromadaires tout au long de l'année, avec une différence entre les saisons ($P < 0,001$), mais l'infection était significativement importante en automne (92%) et en hiver (70,4%) (**Tab.20**). Alors qu'en été et au printemps, les prévalences étaient plus basses (63% et 66,7%, respectivement) (**Fig.25**).

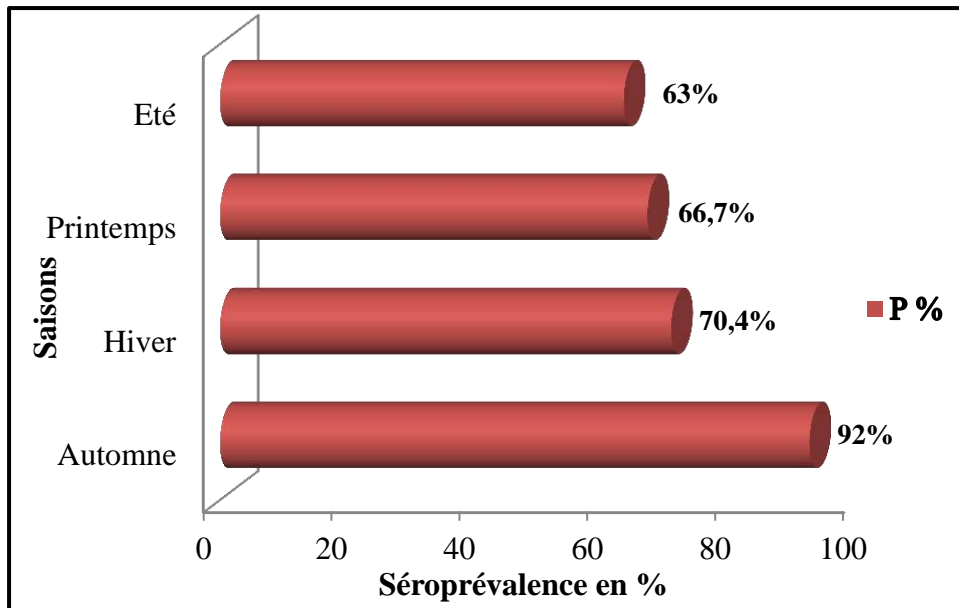


Figure 25- Répartition de la séroprévalence de la fièvre Q chez les dromadaires en fonction des saisons

Discussion

La coxiellose a été détectée chez les dromadaires dans les régions d'étude tout au long de l'année. Cependant, la séroprévalence de la fièvre Q a été observée tout au long de l'année avec un pic observé en automne et en hiver. Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés en Tunisie par **SELMİ et al., (2018)**. Cela peut être lié à la période de reproduction et de mise bas, caractérisée par un niveau élevé de contamination et d'exposition au pathogène (**MAURIN et RAOULT, 1999 ; ABDELKADIR et al., 2017**). Ainsi, l'augmentation des anticorps anti *C. burnetii* peut être liée à la saison des pluies et au vent juste après la saison d'agnelage, comme les cas humains de fièvre Q observés aux Pays-Bas, en France et en Australie (**ELDIN et al., 2017; HARRIS et al., 2013; TISSOT-DUPONT et al., 1999**). De plus, un nombre important de tiques matures et immatures a été observé chez les dromadaires entre mai et septembre par **GHARBI et al., (2013)**.

3.2.2.- Détection moléculaire de *Coxiella burnetii* par qPCR

Parmi 138 échantillons de sang de dromadaires séropositifs, aucun échantillon d'ADN n'a été confirmé positif par qPCR pour le gène de *C. burnetii* IS1111. En revanche, ce gène a été détecté chez les tiques, avec un taux de prévalence global de 11,66% (7/60), avec des seuils de cycle $24 \leq Ct \leq 35$.

3.2.2.1.- Caractérisation moléculaire et analyse phylogénétique de *C. burnetii*

Toutes les tiques collectées ont été identifiées morphologiquement comme appartenant à 3 espèces du genre *Hyalomma*. L'espèce de tique dominante est *H. dromedarii* 50/60 (83,33%), suivie de *H. impeltatum* 9/60 (15%) et *H. excavatum* 1/60 (1,67%). *H. dromedarii* était particulièrement abondante à El Oued et Biskra, tandis que *H. impeltatum* était omniprésente dans les trois régions (**Tab.21**). Sur les 60 tiques testées, cinq *H. dromedarii*, une *H. impeltatum* et une *H. excavatum* étaient positives pour l'ADN de *Coxiella burnetii* par qPCR, en utilisant le gène IS1111 spécifique, avec un taux de prévalence global de 11,66% (**Fig.26**).

Tableau 21- Détection moléculaire et caractérisation génétique de *Coxiella burnetii* chez les tiques

Isolat	Espèces de tiques infectées	Régions	Gène IS1111		Numéro d'accès GenBank	Analyse blast (Similarité / accession)
			qPCR (Ct)	PCRstd		
7T1	<i>H. excavatum</i>	Touggourt	29,42	+	In progress	100% <i>Coxiella burnetii</i> /MN094853
28T1	<i>H. dromedarii</i>	Touggourt	32,95	+	In progress	100% <i>Coxiella burnetii</i> /MN094853
31T1	<i>H. dromedarii</i>	El Oued	35,31	-	ND	
32T1	<i>H. impeltatum</i>	El Oued	35,58	-	ND	
36T1	<i>H. dromedarii</i>	El Oued	25,67	+	In progress	100% <i>Coxiella burnetii</i> /MN094853
48T1	<i>H. dromedarii</i>	El Oued	34,60	-	ND	
54T1	<i>H. dromedarii</i>	El Oued	29,58	+	In progress	100% <i>Coxiella burnetii</i> /MN094853

H. : *Hyalomma*; ND: pas fait; PCR: amplification en chaîne par polymérase, qPCR: PCR quantitative en temps réel; PCRstd: PCR standard; Gène IS1111: région répétitive de type transposon; MN094853: Numéro d'accès GenBank du génotype CbIS1111Hd1 trouvé chez *H.dromedarii* de Tunisie.

Ces espèces de tiques appartiennent aux régions d'Ouargla et d'El Oued près de la frontière tunisienne. Une analyse moléculaire utilisant une séquence partielle d'ARNr 12S a été réalisée sur trois espèces de tiques infectées et a révélé une bande de 385 pb de longueur. Les séquences obtenues à partir de ces amplicons ont été analysées à l'aide de BLAST®.

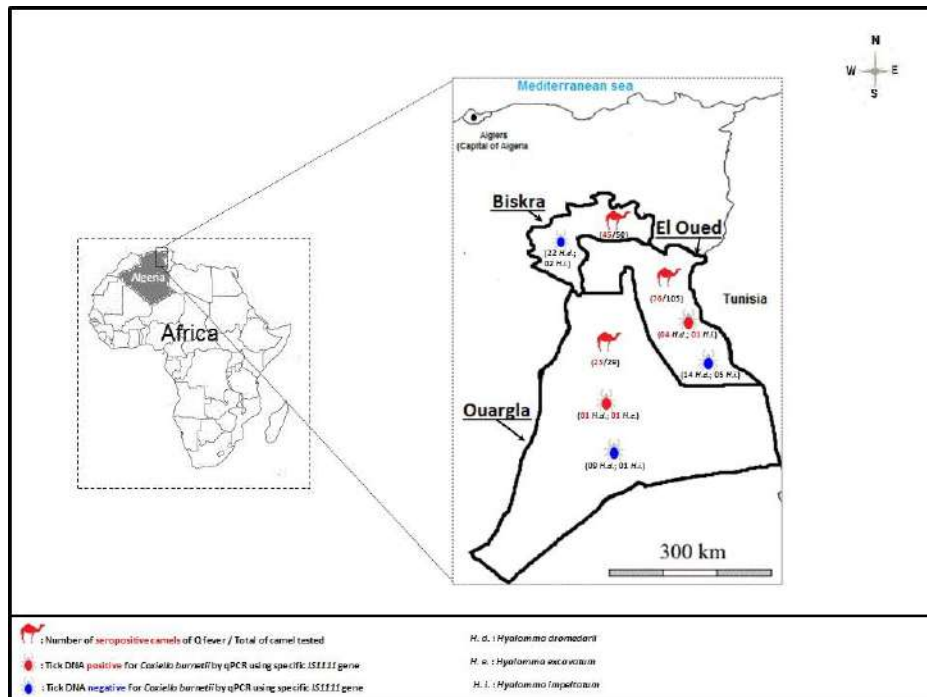


Figure 26 - Répartition des dromadaires séropositifs de la fièvre Q et des tiques positives par qPCR dans les trois régions de l'étude (d-map, 2019 modifiée)

Les séquences d'échantillons de *H. dromedarii* étaient 100% similaires à celles des espèces de tiques prélevées sur des dromadaires et ont été enregistrées dans GenBank™ avec le numéro d'accès KT391031. L'analyse par blast de nos séquences de *H. impeltatum* a révélé des génotypes de 97,9 à 98,9% identiques à ceux de *H. impeltatum* (n° GB: KX132904) du Niger. La séquence 12S obtenue à partir de tiques de *H. excavatum* avait une longueur d'environ 333 pb avec une similitude de 99,7% par rapport à d'autres *H. excavatum* enregistrées dans GenBank (n° GB: KT391032) (**Fig.27**). *Coxiella burnetii* a été caractérisée dans 4 des 6 tiques positives par qPCR du gène IS1111. Parmi les quatre amplicons du gène IS1111 d'une longueur de 526 à 573 pb, trois *C. burnetii* de *H. dromedarii* et un de *H. excavatum* ont été étudiés. L'analyse d'alignement des 4 séquences a révélé que tous les génotypes obtenus sont identiques (numéros d'accès GenBank: en cours) (**Fig.27**). L'analyse Blast montre 100% de similitude avec *C. burnetii* «génotype CbIS1111Hd1» trouvé chez *H. dromedarii* de Tunisie (numéro d'accès GenBank MN094853). Analyse phylogénétique et comparative du nucléotide IS1111 séquences des quatre isolats algériens avec les 23 souches de *C. burnetii*, une endosymbiotique *Coxiella* sp. et une souche de *Legionella pneumophila* ajoutée en tant que groupe externe inclus dans la base de données GenBank. Les quatre souches algériennes révélées ont

été regroupées avec plusieurs souches de *C. burnetii* isolées de tiques, humaines et bovines situées en Tunisie, en Grèce et dans certains pays méditerranéens, respectivement.

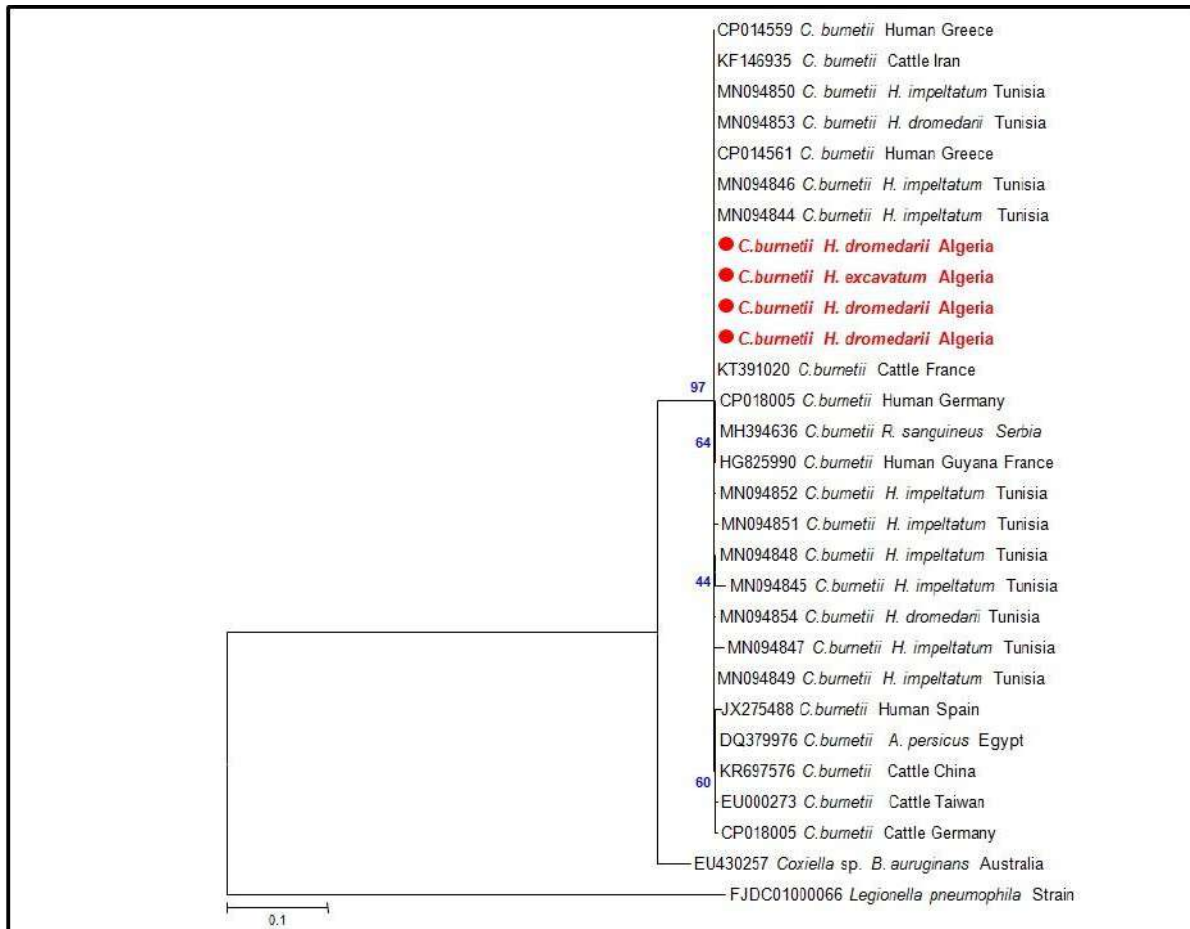


Figure 27- Arbre phylogénétique de *Coxiella burnetii* avec des séquences partielles IS1111 (522 pb) utilisant le degré de signification composite maximale montrant la position des séquences révélées isolées de tiques infestant les dromadaires d'Algérie (Original)

Discussion

Sur les 60 tiques que nous avons testées, cinq individus de tiques *H. dromedarii*, une *H. impeltatum* et une *H. excavatum* étaient positives pour l'ADN de *Coxiella burnetii* par qPCR en utilisant le gène IS1111 spécifique (Tab.21). La PCR et le séquençage ont été utilisés pour réaliser la deuxième étape, liée à l'examen basé sur les gènes ARNr IS1111 et 12S pour la caractérisation génétique de la souche *C. burnetii* et des tiques de chameau infectées, respectivement. Ainsi, trois espèces de *Hyalomma* (Acari: Ixodidae) ont été identifiées avec une similitude de 97 à 100% avec celle précédemment enregistrée dans GenBank (GB), dont *H. dromedarii* (koch, 1844), *H. impeltatum* (Schulze et Schlottke, 1930) et *H. excavatum*

(koch, 1844). La tique du dromadaire *H. dromedarii* est l'espèce la plus dominante et est considérée comme l'hôte principal du stade adulte (APANASKEVICH et al., 2008). Bien que dans des conditions arides, cette espèce de tique pourrait faciliter la transmission de *C. burnetii* parmi les troupeaux de dromadaires (GHARBI et al., 2013). Les tiques *H. impeltatum* et *H. excavatum* ont un large éventail d'hôtes animaux et peuvent propager la maladie d'un animal hôte à un autre par le biais des animaux d'élevage (ABDULLAH et al., 2018; GHARBI et al., 2013; WALKER et al., 2003). En Égypte, la PCR complétée par un séquençage et une analyse phylogénétique ciblant l'espacer IS30A ont rapporté un taux de prévalence de 5,3% pour *C. burnetii* chez *H. dromedarii* (ABDULLAH et al., 2018). En Tunisie, ils ont signalé de l'ADN de *C. burnetii* chez les tiques *H. impeltatum* (5,7%) et *H. dromedarii* (1,9%) en utilisant les gènes IS1111 et htpB, (SELMi et al., 2019). Dans notre étude, basée sur le gène IS1111, toutes nos séquences obtenues ont révélé une identité à 100% avec des souches pathogènes de *C. burnetii* isolées de l'homme en Grèce (KULEY et al., 2017), provenant de bovins en France et en Iran (JAMSHIDI et al., 2013; SIDI-BOUMEDINE et al., 2015). Ces résultats indiquent que la souche *C. burnetii* trouvée dans les tiques *H. dromedarii* et *H. excavatum* qui infestent les est probablement zoonotique et pathogène dans ces régions, en particulier dans les zones sahariennes. De plus, ces espèces de *H.* ont également été signalées comme capables de transmettre d'autres agents pathogènes aux humains et aux animaux, y compris la *Rickettsia* spp (bactérie) (KERNIF et al., 2012), la *Theileria* spp. (Protozoaires) (DIB et al., 2008 ; WALKER et al., 2003). D'autres études ont été menées afin d'identifier *C. burnetii* chez les arthropodes d'animaux sauvages et domestiques en Algérie; les résultats ont révélé la présence de *C. burnetii* par qPCR chez les tiques *Ixodes vespertilionis* de chauves-souris (LEULMI et al., 2016) et chez les tiques *H. excavatum* et *Rhipicephalus bursa* retirées du bétail (ABDELKADIR et al., 2019).

3.2.3. Prévalence sérologique de *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires dans les régions de Touggourt, El Oued et Biskra

Après avoir étudié le rôle des tiques et leur implication dans la transmission d'agents pathogènes (*Coxiella burnetii*), nous allons nous intéresser à une autre maladie parasitaire Trypanosomiase (*Trypanosoma evansi*) par l'utilisation de CATT.

3.2.3.1.- Séroprévalence globale de *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires par selon les régions

Pour notre étude, 184 prélèvements sanguins (sérums) dont 108 à El Oued, 50 à Biskra ainsi que 26 à Touggourt ont été effectués. Les prévalences dans les différentes régions sont représentées dans le **tableau 22**.

Tableau 22 – Séroprévalence de la Trypanosomiase à *Trypanosoma evansi* selon la région d'étude

Facteur	Catégorie	Sérum testé	Prévalence CATT/ <i>Trypanosoma evansi</i>				P.
			+ve		-ve		
		N.	N.	P%	N.	P%	
Régions	Touggourt	26	11	42,31	15	57,69	0,796
	El Oued	108	47	43,52	61	56,48	
	Biskra	50	21	42	29	58	
Total		184	79	42,93	105	57,07	

Univariate analyses (χ^2 test de signifiante ; IC à 95%) ; N: nombre de échantillonnés; P%: taux de prévalence; +ve : positive ; -ve : négative ; P : degré de signification ; CATT : Card Agglutination Test for Trypanosomiasis.

Pour l'ensemble des échantillons, l'analyse sérologique globale a détecté l'existence de la *Trypanosoma evansi*, donnant 79 résultats positifs contre 105 négatifs (57,07%) sur les 184 dromadaires, soit une séropositivité de 42,93% (**Tab.22**). D'après notre étude, le prélèvement dans la région d'El Oued a révélé 47 positifs contre 61 négatifs sur 108 échantillons, soit une séroprévalence de 43,52%. Ainsi, c'est la zone la plus affectée par les infections à *Trypanosoma evansi*. À Touggourt, Sur les 11 échantillons positifs, la prévalence a été de 42,31% ; tandis que la région de Biskra avait la prévalence la plus faible (42%) (**Fig.28**). D'après les calculs statistiques, il n'y a aucune différence significative ($P : 0,796$) des prévalences entre les régions.

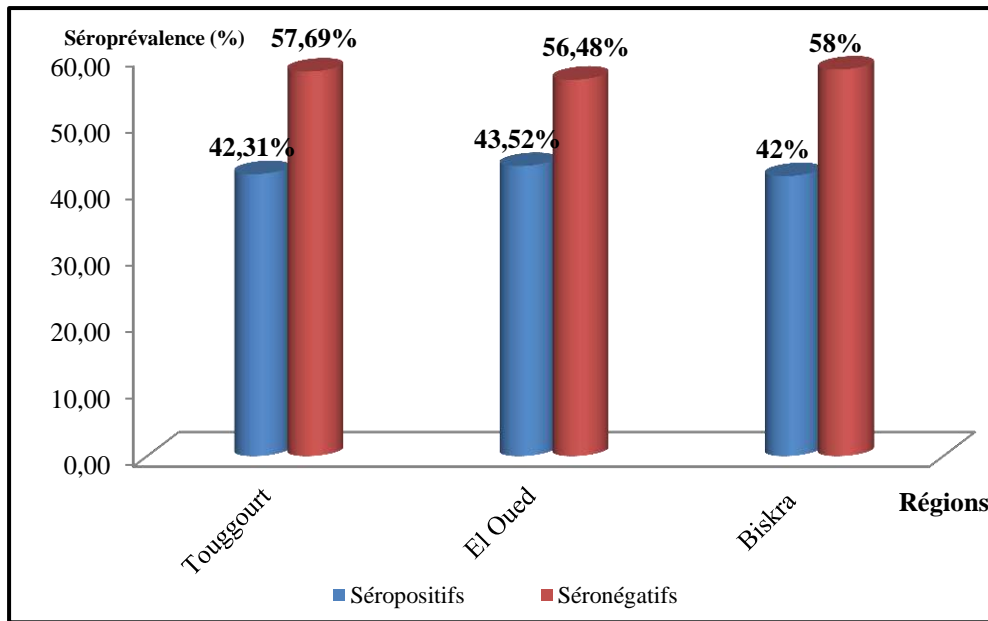


Figure 28 - Séroprévalence de *T. evansi* chez les dromadaires en fonction des régions

Discussion

L'analyse sérologique globale a détecté l'existence de *Trypanosoma evansi* avec une moyenne de 42,93% séropositifs (Tab.22). Nos résultats, en particulier ceux de l'examen parasitologique, sont supérieurs à ceux de **BOUSHAKI et al., (2019)** qui étaient de 32,4% dans le Sud algérien. Au Maroc, une étude épidémiologique a révélé que la séroprévalence de la Trypanosomose est de 14,10% (**ATARHOUCHE et al., 2003**). De même, en Mauritanie, 14,2% étaient positifs avec CATT / *T. evansi* (**DIA et al., 2011**). Cela peut s'expliquer par le fait que les animaux atteints d'infections chroniques peuvent s'avérer négatifs dans les tests parasitologique et moléculaires lorsque les charges parasitaires sont très faibles. En outre, on sait qu'après une guérison réussie, les anticorps peuvent rester dans la circulation pendant plusieurs mois, conduisant ainsi à des animaux sérologiquement faussement positifs dans les troupeaux traités avec des trypanocides (**O.I.E., 2018 ; VERLOO et al., 2001**).

3.2.3.2. - Séroprévalence de *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires en fonction du sexe

Les résultats de nos analyses sont consignés dans le **tableau 23**.

Tableau 23 – Séroprévalence de *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires en fonction du sexe

Facteur	Catégories	Sérum testé N.	CATT/ <i>Trypanosoma evansi</i>		P
			+ve N.	-ve N.	
Sexe	Mâles	10	7	30	0,64
	Femelles	174	74	57,47	

Univariate analyses (χ^2 teste de signifiacnce ; IC à 95%) ; N: nombre de échantillonnés; P%: taux de prévalence; +ve : positive ; -ve : négative ; P : Degré de signification ; CATT : Card Agglutination Test for Trypanosomiasis.

La prévalence est de 42,53% pour les femelles et 70% pour les mâles. Selon le sexe, la séroprévalence des mâles est supérieure à celle des femelles. Toutefois, la différence entre les 2 sexes n'est pas significative ($P = 0,64$) (Tab.23 ;Fig.29).

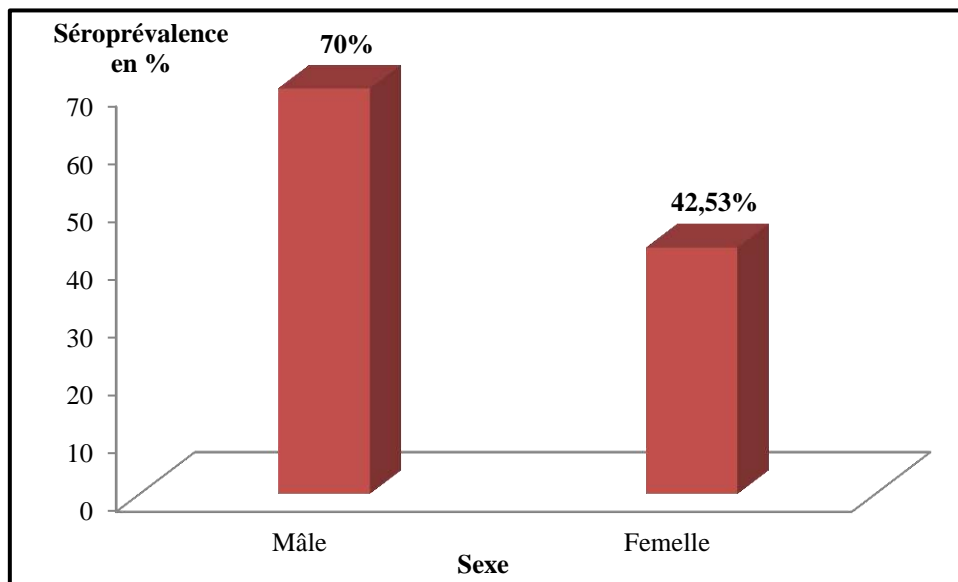


Figure 29 - Séroprévalence de *T. evansi* chez les dromadaires selon le sexe

Discussion

D'après nos résultats, le sexe n'est pas un facteur de risque associé à la Trypanosomose dans notre population d'étude, lors de l'utilisation de tests sérologiques uniquement. De même, **BOUSHAKI (2007)** et **NJIRU et al., (2004)** n'ont signalé aucune différence dans la séroprévalence entre les mâles et les femelles. Nos résultats ne concordent pas avec les travaux de **BOUSHAKI et al., (2019)** pour lesquels le sexe s'est avéré être un facteur de risque associé à la Trypanosomose : les femelles seraient cinq fois plus susceptibles d'être infectées que les mâles. Plutôt qu'une réelle prédisposition biologique, les différences de pratiques d'élevage appliquées aux animaux mâles et femelles doivent être considérées comme un facteur explicatif (**ANTOINE-MOUSSIAUX et DESMECHT, 2008**).

3.2.3.3.- Séroprévalence de *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires en fonction des classes d'âges

L'influence de la classe d'âge sur le statut sérologique des dromadaires est consignée dans le **tableau 24**.

Tableau 24- Séroprévalence de *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires selon la classe d'âges

Facteur	Catégorie	Sérum testé N	Prévalence de CATT/ <i>Trypanosoma evansi</i>		P.
			+ve N	-ve P%	
Classes d'âges	1 (<1an)	15	5	33,3	0,054
	2 (1-3ans)	37	12	32,43	
	3 (4-9ans)	55	27	49	
	4 (10-15ans)	65	26	40	
	5 (> 15ans)	12	9	75	

Univariate analyses (χ^2 teste de signifiacnce ; IC à 95%) ; N: nombre des échantillonnés; P%: taux de prévalence; +ve : positive ; -ve : négative ; P : degré de signification ; CATT : Card Agglutination Test for Trypanosomiasis.

Concernant la séroprévalence selon l'âge, les dromadaires âgés qui appartiennent à la classe d'âge >15ans, montrent une séropositivité de 75% (9/12). Quant aux sujets adultes, les séroprévalences sont respectivement de 40% (10-15ans) et 49% (4-9ans). Chez les sujets jeunes (<3ans) elle est comprise entre 32,4% et 33,3% (**Tab.24**). Ainsi, la prévalence est significativement plus élevée chez les dromadaires âgés que chez les adultes et les jeunes ($p=0,054$). L'âge semble avoir une influence significative sur la prévalence à la Trypanosomiase (**Fig.30**).

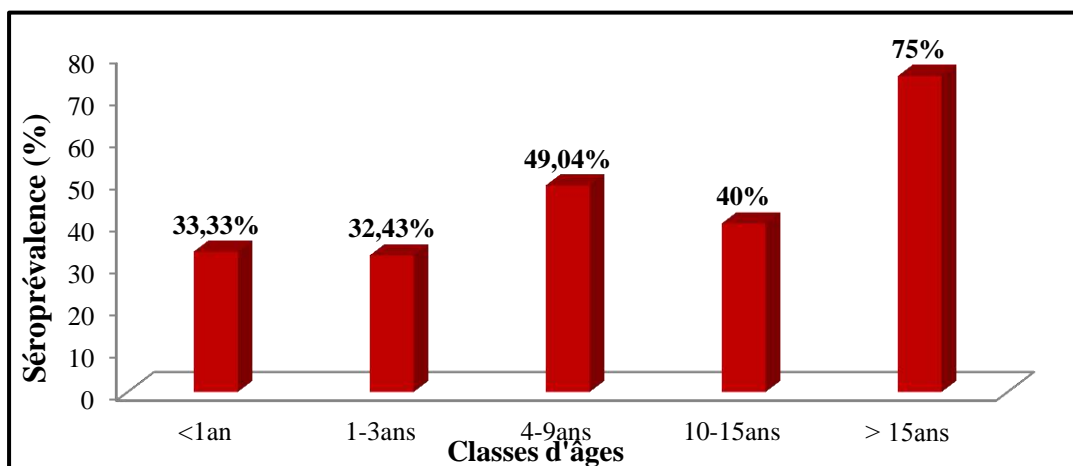


Figure 30 - Séroprévalence de *T. evansi* chez les dromadaires selon les classes d'âges

Discussion

La séroprévalence augmente avec l'âge pour atteindre une valeur maximale chez les animaux âgés de >15ans pour décroître ensuite (**Tab.24**). L'âge semble avoir une influence significative sur la prévalence à la Trypanosomoses. Ceci pourrait être dû à une meilleure couverture immunologique chez les jeunes sujets. Nos résultats sont en accord avec les études de divers auteurs [**ATARHOUC** *et al.*, (2003) ; **BOUSHAKI** *et al.*, (2019) ; **DIA** *et al.*, (1997c) ; **GUTIERREZ** *et al.*, (2000) ; **NDOUTAMIA** *et al.*, (1999)].

3.2.3.4.- Séroprévalence de *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires en fonction des saisons

Les pourcentages d'animaux positifs en sérologie selon la saison de prélèvement sont regroupés dans le **tableau 25**.

Tableau 25 - Séroprévalence de la *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires selon les saisons

Facteur	Catégorie	Sérum testé	CATT/ <i>Trypanosoma evansi</i>				P.
			+ve		-ve		
		N	N	P%	N	P%	
Saisons	Automne	50	20	40	30	60	0,043
	Hiver	98	40	40,82	58	59,18	
	Printemps	9	8	88,89	1	11,11	
	Eté	27	11	40,74	16	59,26	

Univariate analyses (χ^2 teste de signifiante ; IC à 95%) ; N: nombre de s échantillonnés; P%: taux de prévalence; +ve : positive ; -ve : négative ; P : degré de signification ; CATT : Card Agglutination Test for Trypanosomiasis.

Les résultats du **tableau 25** ont révélé que la prévalence la plus élevée de *T.evansi* (88,9%) a été enregistrée au printemps, suivie des saisons d'hiver (40,8%), d'été (40,7%) et d'automne (40%) (**Fig.31**). Les données obtenues ont montré l'existence d'une différence significative ($P=0,045$) des prévalences entre les saisons (plus importante durant le printemps et l'hiver ; saisons humides où les Tabanides sont plus actives).

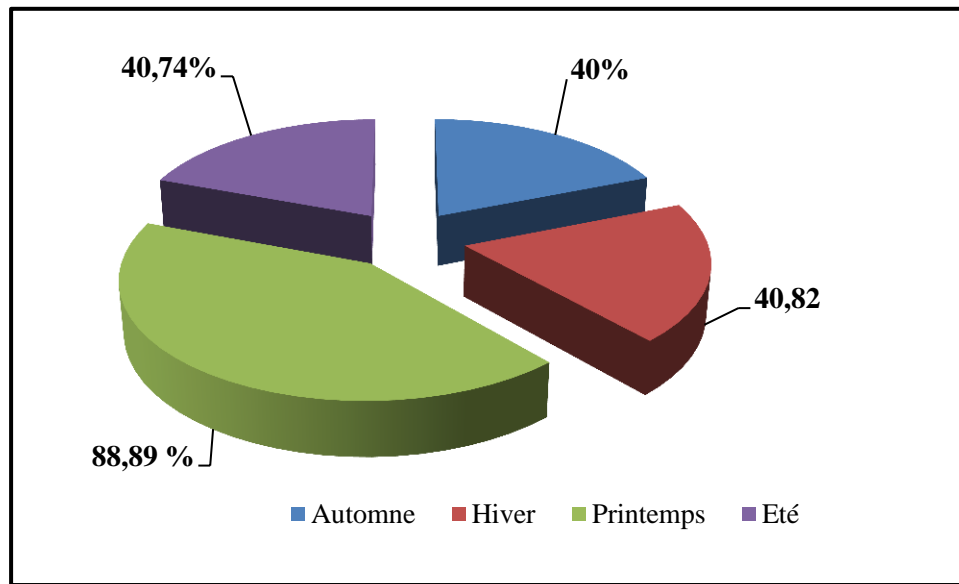


Figure 31 - Séroprévalence de *T. evansi* chez les dromadaires selon les saisons

Discussion

Les animaux sont catégorisés en fonction des saisons pour évaluer le taux de séroprévalence. La prévalence la plus élevée de *T. evansi* a été enregistrée au printemps à l'aide de CATT. Les données obtenues ont démontré qu'il y a une différence significative en comparant les prévalences entre les saisons (plus durant le printemps et hiver ; les saisons humides où les tabanides sont plus actives) ($P=0,045$)(Tab.25). D'après nos résultats, les animaux s'infecteraient plus facilement pendant la saison sèche froide. Cette observation est à interpréter avec réserve. La durée de vie des tabanides et des stomoxes étant en général de 2 mois environ et l'incubation de *T. evansi* chez les dromadaires de 2 à 3 semaines. Il est donc probable que ces animaux s'infecteraient pendant la période d'abondance des insectes (fin de la saison des pluies). L'infection serait détectée alors en saison sèche froide, d'autant plus que, pendant cette période, la richesse en pâturages et en eau permet la concentration et la sédentarisation temporaire des animaux en des points fixes. Cette corrélation entre l'abondance des vecteurs et l'infection à *T. evansi* a été rapportée par certains auteurs (DIA, 1997 ; DIRIE et al., 1989; OYIENKE, 1987 ; KRINSKY, 1976; GRUVEL et BALIS, 1965 ; CURASSON, 1947).

Conclusion

Conclusion

Les arthropodes d'intérêt médico-vétérinaire, peuvent constituer un problème pour la santé humaine, d'autres pour la santé animale et parfois pour les deux. C'est dans cette optique que nous avons tenté à travers notre travail, d'évaluer leur importance dans trois localités du Sud-est algérien : Touggourt, El Oued et Biskra. Pour cela, nous nous sommes orientés vers deux cas, l'un médical (les poux de têtes) et l'autre vétérinaire (les tiques chez le dromadaire).

L'étude a été initiée par un échantillonnage de poux de tête *Pediculus humanus capitis* prélevés directement à partir des cheveux des élèves dans les établissements visités. Parmi les élèves infestés par les poux, une prévalence d'infestation était nettement plus élevée chez les filles (11,78%) que chez les garçons (2,49%), notamment chez les plus jeunes et statistiquement significative.

Si le dromadaire est un animal qui se distingue par sa très grande résistance aux conditions arides du milieu saharien, il semble être cependant assez fragile face à divers parasites et maladies. Parmi ces ectoparasites, des tiques et des maladies (fièvre Q à *Coxiella burnetii* et Trypanosomoses à *Trypanosoma evansi*) ont été identifiées. A l'issue de ce travail consacré à l'étude de la biodiversité des tiques dures et le suivi de l'infestation des dromadaires par ces ectoparasites dans nos régions d'étude (Touggourt, El Oued et Biskra), il en ressort que :

- Les prospections ont permis de détecter la présence de trois espèces de tiques appartenant à un seul genre (*Hyalomma*) de la famille des Amblyommidae. Il s'agit des espèces *H. dromedarii*, *H. impeltatum* et *H. anatolicum excavatum*.
- Le taux d'infestation a atteint 63,49% et une charge parasitaire élevée (18,10 tiques/animal).
- Une influence des conditions géo-climatiques sur la répartition des espèces, avec une prédominance d'espèces thermophiles (*H. dromedarii*, *H. impeltatum*) et une faible présence de l'espèce ditrope : *H. anatolicum excavatum*.

❖ Pour la fièvre Q

La fièvre Q est une zoonose chez les dromadaires dans les régions d'étude. Son agent causal, *Coxiella burnetii*, est connu pour sa haute infectivité et sa résistance aux facteurs environnementaux. La séroprévalence de l'infection à *C. burnetii* par ELISA, est élevée et répandue dans les régions du Sud-est (75%) et les dromadaires par leurs déplacements, jouent

probablement un rôle important dans l'épidémiologie de la fièvre Q dans la région. L'épidémiologie de *C. burnetii* a impliqué divers facteurs, tels que la position géographique, la classe d'âge et les variations saisonnières. La coxiellose est souvent asymptomatique, pouvant causer des problèmes de santé chez les humains, ainsi que des avortements et des pertes économiques chez les animaux. Les analyses moléculaires par PCR ont indiqué que les dromadaires et les tiques pouvaient être des sources d'infection des animaux atteints de fièvre Q.

❖ Pour les Trypanosomoses (*Trypanosoma evansi*)

Les prélèvements sanguins effectués sur les dromadaires puis soumis aux analyses sérologiques avec le test CATT/*T.evansi* ont montré la présence de *T.evansi* dans les 03 régions d'étude avec un taux de séoprévalence assez élevé (42,93%). Les classes d'âges (>15ans) et les variations saisonnières (printemps) sont des facteurs de risque associés à l'infection par le *Trypanosoma evansi* chez les dromadaires.

Recommandation et perspectives

- A l'issue de ce travail consacré aux arthropodes de l'homme et du dromadaire, il serait intéressant d'élargir l'étude vers d'autres localités et les régions avoisinantes. En effet, concernant les poux de tête, l'augmentation de l'échantillonnage nous permettra d'évaluer l'extension et l'importance de ce parasite afin d'entreprendre une campagne de lutte dans les milieux scolaires.
- Concernant les tiques, l'aspect hygiène et prévention joue un rôle très important dans la lutte contre ces parasites. Un calendrier d'intervention approprié avec des produits efficaces est préconisé.
- Pour une meilleure connaissance d'une maladie vectorielle, il est nécessaire d'étudier divers facteurs (écologie, épidémiologie) relatifs à sa transmission et à sa propagation.
- Le climat est très souvent accusé à tort, d'être le principal responsable de l'épidémiologie des maladies vectorielles ; il fait seulement partie d'un des nombreux facteurs dont certains sont certes abiotiques (température, précipitations,...), mais également biotiques (densité d'hôtes, âge, immunité,...).

Références

Références bibliographiques

ABDELKADIR K., PALOMAR A.M., PORTILLO A., OTEO J.A., AIT-OUDHIA K., KHELEF D., 2019- Presence of *Rickettsia aeschlimannii*, 'Candidatus *Rickettsia barbariae*' and *Coxiella burnetii* in ticks from livestock in northwestern Algeria. *Ticks Tick-borne. Dis.* **10**, 924–928.

ABDELKADIR K., AIT O.K. and KHELEF D., 2017- Seroprevalence of chlamydial abortion and Q fever in ewes aborted in the North-West of Algeria. *J. Vet. Med. Anim. Health.* **9** (9), 246-249.

ABDOU Y., 2015- *La pédiculose chez les élèves du groupe scolaire de siracoro-méguetana (cercle de Kati)*. Thèse de Doctorat, Université des sciences, des techniques et de technologie de Bamako. Faculté de médecine et d'odonto-stomatologie du Mali, 53 p.

ABDULLA B.S., 2015- Morphological study and Prevalence of head lice (*Pediculus humanus capitis*) (*Anoplura: Pediculidae*) infestation among some primary school students in Erbil City, Kurdistan region. *Zanco J. Pure Appl., Sci.*, 2727.

ABDULLAH H.H.A.M., EL-SHANAWANY E.E., ABDEL-SHAFY S., ABOU-ZEINA H.A.A., ABDEL- RAHMAN E.H., 2018- Molecular and immunological characterization of *Hyalomma dromedarii* and *Hyalomma excavatum* (Acari: Ixodidae) vectors of Q fever in camels. *Vet. World* **11**, 1109–1119. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.1109-1119>.

A.C.E.R.S.A. (Association de certification de la santé animale) 2007- Proposition de plan de maîtrise de la fièvre Q dans les élevages cliniquement atteints. Rapport adopté par le Comité d'experts. A.C.E.R.S.A., Paris, France, 38 p.

ACHERIR DJ., et MAIACHE Z. 2017- *Pédiculose du cuir chevelu en milieu scolaire dans la wilaya de Tizi ouzou*. Mémoire de l'obtention du diplôme de Master en Biologie (Parasitologie). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques : 56.

AGAG S., KAIDI R., KHELEF D., 2016- Seroprevalence of Q fever in cows in Bejaia area (Algeria). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* **69**, 155–159. <https://doi.org/10.19182/remvt.31200>.

AITKEN ID. 1989- Clinical aspects and prevention of Q fever in animals. *European Journal of Epidemiology* **5**, 420–424.

ALANAZI AD., AL-MOHAMMED HI., ALYOUSIF MS., SAID AE., SALIM B., ABDEL-SHAFY S, et al. 2019- Species diversity and seasonal distribution of hard ticks (Acari: Ixodidae) infesting mammalian hosts in various districts of Riyadh Province. Saudi Arabia *J Med Entomol.* **56**:1027-32.

AL-ANI F. K., SHARRIF L. A., AL-RAWASHDEH O. F., AL- QUDAH K. M., and AL-HAMMI Y., 1998- Camel diseases in Jordan. *Proceedings of the Third Annual Meeting for Animal Production under Arid Conditions*, **2**, 77–92.

AL-MERGIN W.A.I., 2015- Assessment of the Prevalence of *Pediculosis capitis* among Primary School Girls in Riyadh, Saudi Arabia. *Res. J. Environ. Sci.*, **9**, 193–199.

ALZAIN B., 2012- *Pediculosis capitis* infestation in school children of a low socioeconomic area of the North Gaza Governorate. *Turkish J. Med. Sci.*, **42**, 1286–1291. Doi: 10.3906/sag-1103-35.

AL-ZANBAGI N.A. and AL-HASHDI D.F., 2018- Socio-Economic Status Criteria of Head Lice Prevalence in Jeddah. Saudi Arabia *Acta Parasitologica Globalis* **6**, 238–245.DOI: 10.5829/idosi.apg.2015.6.3.101102.

AMEYRI I. et CHOUDAR Z., 2017 – *Contribution à l'étude de l'infection des poux de tête Pediculus humanus capitis (De Geer, 1778) par Acinetobacter sp. dans quelques établissements scolaires de la wilaya de Sétif.* Mémoire de Master en Parasitologie, Biologie, Ecologie et Environnement. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.26 p.

A.N.D.I. 2014 - Agence nationale de développement de l'investissement. Wilaya de El Oued 11p.

A.N.O.F.E.L. (Association française des enseignants de parasitologie et mycologie) 2007- Parasitologie et mycologie médicales- Guide des analyses et des pratiques de diagnostics. Editions, Elsevier Masson, 1-494.

ANTOINE-MOUSSIAUX N., DESMECHT D., 2008- Epidémiologie de l'infection par *Trypanosoma evansi*. *Ann. Med. Vet.* **152**, 191–201.

ANTOINE-MOUSSIAUX N., FAYE B., VIAS G. 2005- Tuareg ethno-diagnostic skill of camel diseases in Agadez area (Niger). *J. Camel Pract. Res.*, **12**, 85-93.

AOUADI A., LEULMI H., BOUCHEIKHCHOUKH M., BENAKHLA A., RAOULT D. and PAROLA P, 2017- Molecular evidence of tick-borne hemoprotozoan-parasites (*Theileria ovis* and *Babesia ovis*) and bacteria in ticks and blood from small ruminants in Northern Algeria', *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* **50**, 34–39. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2016.11.008>.

APANASKEVICH D.A., OLIVER J.H.J., 2014- Life cycles and natural history of ticks. *In Biology of ticks*, Eds Sonenshine D.E., Roe R.M., 2nd ed. Oxford, Oxford University Press, 59-73p.

APANASKEVICH D.A., SCHUSTER A.L., and HORAK I.G., 2008- The genus *Hyalomma*: VII. Redescription of all parasitic stages of *H. (Euhyalomma) dromedarii* and *H. (E.) schulzei* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* **45**, 817–831. [https://doi.org/10.1603/0022-2585\(2008\)45\[817:tghvro\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0022-2585(2008)45[817:tghvro]2.0.co;2).

AREZKI I., GUIGUEN C., 2013- Les pédiculoses et le rôle du laboratoire. *Revue francophone des laboratoires.* **454**:34-36.

ASADI J., KAFI M., KHALILI M., 2013- Seroprevalence of Q fever in sheep and goat flocks with a history of abortion in Iran between 2011 and 2012. *Vet. Italiana.* **49**(2):163-168.

ATARHOUCHE T., RAMI M., BENDAHDAN M.N., DAKKAK A., 2003- Camel Trypanosomosis in Morocco 1: results of a first epidemiological survey. *Vet. Parasitol.* **111**, 277–286.

AUBRY P., GAÛZERE B.A., 2017- Fièvre Q. Cour doctoral médecine tropicale. Université de pays de l'Océan Indien, 5p.

AURELIEN J., 2017- *Etude de la diversité génotypique et phénotypique de la bactérie Coxiella burnetii chez les ruminants domestiques et les chevaux en France.* Thèse pour l'obtention du grade de docteur en sciences (épidémiologie moléculaire). Université Blaise Pascal. Ecole doctorale Sciences de la Vie, Santé, Agronomie, Environnement de Clermont-Ferrand. 217p.

BABA SLIMANE I., et OULLAI R., 2016- *Inventaire des tiques dures infestant les dromadaires dans le Sud Algérien*. Mémoire Master. Université Saad Dahlab Blida1 (entomologie médicale) :60.

BADIAGA S. and BROUQUI P., 2012- Human louse-transmitted infectious diseases. *Clin. Microbiol. Infect.*, **18**, 332–337.

BADIAGA S., RAOULT D., et BROUQUI P., 2008- Preventing and controlling emerging and reemerging transmissible diseases in the homeless. *Emerg. Infect. Dis.* **14**, 1353–1359.

BAKHOUCHE H. et RAACHE A., 2008- *Etude de quelques parasitoses cutanées (cas de la gale et de la pédiculose) en milieu scolaire et dans la commune d'Ouargla*. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'études supérieures en biologie. Université de Ouargla, 75p.

BARRE N., 2003 - Tiques, In : LEFEVRE P.C., BLANCOU J., CHERMETTE R. (éd). Les principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail, Europe et régions chaudes, Tome2. Lavoisier, Paris: 79-121.

BARTOSIK K., BUCZEK A., ZAJAC Z. et KULISZ J., 2015- Head Pediculosis in schoolchildren in the eastern region of the European Union. *Ann. Agric. Environ. Med.*, **22**, 599–603.

BENAISSA M.H., ANSEL S., MOHAMED-CHERIF A., BENFODIL K., KHELEF D., YOUNGS C.R., KAIDI R., AIT-LOUDHIA K., 2017- Seroprevalence and risk factors for *Coxiella burnetii*, the causative agent of Q fever in the dromedary camel (*Camelus dromedarius*) population in Algeria. Onderstepoort. *J. Vet. Res.* **84**, e1–e7. <https://doi.org/10.4102/ojvr.v84i1.1461>. 1461 [pii].

BENAISSA M.H., MIMOUNE N., BENTRIA Y., KERNIF T., BOUKHELKHAL A., YOUNGS C.R. et al., 2020- Seroprevalence and risk factors for *Trypanosoma evansi*, the causative agent of surra, in the dromedary camel (*Camelus dromedarius*) population in Southeastern Algeria', *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* **87**(1),a1891. <https://doi.org/10.4102/ojvr.v87i1.1891>

BENCHIKH-ELFEGOUN M.C., BENAKHLA A., BENTOUNSI B., BOUATTOUR A et PIARROUX R. 2007- Identification et cinétique saisonnière des tiques parasites des bovins dans la région de Tahir (Jijel) Algérie, *Ann. Méd. Vét.* **151**: 209-214 p.

Références bibliographiques

BENCHIKH-ELFEGOUN M.C., GHARBI M., DJEBIR S., et KOHIL K. 2013- Dynamique d'activité saisonnière des tiques Ixodides parasites des bovins dans deux étages bioclimatiques du nord-est algérien. *Revue d'élevage et médecine vétérinaire des pays tropicaux*. **66** (4) :117-122p.

BENFODIL K., BUSCHER P., ABDELLI A., VAN REET N., MOHAMED-HERIF A., ANSEL S., et al., 2020- 'Comparison of serological and molecular tests for detection of *Trypanosoma evansi* in domestic animals from Ghardaia district, South Algeria', *Veterinary Parasitology* **280**, 109089. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar>. 2020.109089.

BENNOUNE O., ADILI N., AMRI K., BENNECIB L. et AYACHI A., 2013- 'Trypanosomiasis of camels (*Camelus dromedarius*) in Algeria: First report', *Veterinary Research Forum* **4**(4), 273–275

BEN SMIDA B., 2005- *Identification des espèces de tiques parasites des ovins et dépistage des piroplasmoses ovines dans un troupeau d'ovins lors d'utilisation de parcours communs avec le dromadaire*. Thèse Doc. Méd. Vét. E.N.M.V., Sidi Thabet : 41.

BEN YUCEF Kh., et LABIDI H. 2017- *Contribution à l'étude des dromadaires dans la région d'El Oued*. Mémoire de Master Académique en Science biologique (biochimie appliquée). Université Echahid Hamma Lakhdar -El Oued, 94p.

BERNARD J.G., BERENI J. et HAINAUT J., 1963- Aspect actuel des rickettsioses en Algérie. *Bull. Soc Pathol. Exot.*, **56**, 669- 677.

BLARY A. 2004- *Les maladies bovines autres que la piroplasmose transmises par les tiques dures : inventaire des vecteurs en cause dans 15 exploitations laitières de l'Ouest de la France*. Thèse de Doctorat vétérinaire, Nantes.100°.

BONILLA DL., DURDEN LA., EREMEEVA ME., DASCH GA. 2013- The Biology and Taxonomy of Head and Body Lice- Implications for Louse-Borne Disease Prevention. *PLoS Pathog* **9**(11): e1003724. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003724>.

BOUHOUS, A., AISSI, M. & HARHOURA, K.H., 2008- Etude des Ixodidae chez le dromadaire dans le sud algérien, région d'Adrar [Study of Ixodidae on camels in Southwest Algeria, Adrar region] [in French], *Annales de Médecine Vétérinaire* **152**, 52–58.

BOUKRAA J., 2017- Les spécialistes tirent la sonnette d'alarme. *Le Quotidien d'Oran*, Algérie, 9p.

BOULKABOUL A. 2003- Parasitisme des tiques (Ixodidae) des bovins à Tiaret, Algérie. *Méd. Vét. Pays Trop.* **56** (3-4): 157-162 p.

BOULOUIS HP., MAILLARD R., 2003 - Maladie de Lyme chez les bovins, Rickettsioses-zoonoses et autre arbo-bactérioses- zoonoses, 5-7.

BOURDEAU P., 1993b- Les tiques d'importance vétérinaire et médicale, deuxième partie: principales espèces de tiques dures (Ixodida et Amblyommidae). *Le Point Vétérinaire.* **25** (151): 27-41 p.

BOUSHAKI Dj., ADEL A., DIA M.L., BÜSCHER Ph., MADANI H., BRIHOUM B.A., SADAoui H., BOUAYED N., KECHEMIR ISSAD N., 2019- Epidemiological investigations on *Trypanosoma evansi* infection in dromedary camels in the South of Algeria. *Heliyon* **5**:8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02086>.

BOUSHAKI Dj., 2007- *Prevalence de la Trypanosomoses Cameline en Algérie*. MSc thesis. Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger. Bab Ezzouar, p. 106, viewed 10 december 2019, from <http://archive.ensv.dz:8080/jspui/handle/123456789/215>.

BOUSSOUFI I., HABOUSSI H. 2018- *Inventaire des tiques dures du Dromadaire dans quelques régions de Sud Algérien*. Université Saad Dahlab Blida 1. Institut des sciences vétérinaires. Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Docteur vétérinaire. 56p.

BOUTALEB K., 1982- *Les connaissances actuelles sur les tiques du bétail en Algérie*. These Doct. Vet., Institut vétérinaire de Constantine, Algérie, 85 p.

BOUTELLIS A ., BITAM, I., FEKIR K., MANA, N. et RAOULT D., 2015 - Evidence that clade A and clade B head lice live in sympatry and recombine in Algeria . *Medical and Veterinary Entomology.* **29**(1):94-8. DOI: 10.1111/mve.12058.

BOUTELLIS A., ABI-RACHED L., et RAOULT D., 2014- The origin and distribution of human lice in the world. *Infect. Genet. Evol.* **23**, 209–217.

BOUTOUGA, F., 2012 -*Ressources et Essai de Gestion des eaux dans le Zab Est de Biskra*. Mémoire de Magister Univ. de Annaba. 132p.

BROUQUI P., 2011- Arthropod-Borne Diseases Associated with Political and Social Disorder. *Annu. Rev. Entomol.*, **56**, 357–374.

BROWNE A.S., FEVRE E.M., KINNAIRD M., MULOI D.M., WANG C.A., LARSEN P.S., O'BRIEN T., DEEM S.L., 2017- Serosurvey of *Coxiella burnetii* (Q fever) in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) in Laikipia county. Kenya. *Zoonoses. Public Health* **64**, 543–549. <https://doi.org/10.1111/zph.12337>.

BURGESS I.F., 2004- Human lice and their control. *Annu. Rev. Entomol.*, **49**, 457–481p.

CHARTIER C., ITARD J., MOREL P. C., et TRONCY M., 2000 - *Précis de Parasitologie Vétérinaire tropicale*. Paris Éditions Tec et doc. 200p.

CHAUVE M., HAMZA-CHERIF R., MARFOUA K., GOUNEL J.M., HABCHI N., BOUNACEUR A. 1990- Parasitisme chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*) en Algérie: enquêtes dans quatre wilayas (Adrar, Bechar, Laghouat, Ghardaia). *Rev. Mag. Vét.*, **5**, 35-39.

CHERMETTE R., et BUSSIERAS J., 1991- Ixodides, *parasitologie vétérinaires* : 37-54p.

C.S.P. 2004- Comité d'immunisation et de maladies infectieuses, Société Canadienne de Pédiatrie. www.soinsdenosenfants.cps.ca/maladies/PouxdeTete.htm.

CURASSON, G., 1947- Le chameau et ses maladies, *Vigot Frères*, Paris, 462 p.

DAJOZ R. 1982 – *Précis d'écologie*. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 503p.

DANIS M., CHABASSE D., GUIGUEN C., RICHARD-LENOBLE D., BOTTEREL F., MIEGEVILLE M., 2007- Parasitoses et mycoses des régions tempérées et tropicales. Elsevier Masson, les Mouline aux Cedex.193-202p.

DECHICHA A., GHARBI S., KEBBAL S., CHATAGNON G., TAINTURIER D., OUZROUT R. et GUETARNI D., 2010- Serological survey of etiological agents associated with abortion in two Algerian dairy cattle breeding farms, *J. Veterinary Med. Anim. Health*, **2**, 1- 5, <http://www.academicjournals.org/JVMAH>.

DERRICK E.H., 1983- “Q” fever, a new fever entity: clinical features, diagnosis and laboratory investigation. *Rev. Infect. Dis.* **5**: 790–800. PMID: 6622891.

DESQUESNES, M., DARGANTES, A., LAI, D.H., LUN, Z.R., HOLZMÜLLER, P., JITTAPALAPONG, S., 2013- *Trypanosoma evansi* and surra: a review and perspectives on

transmission, epidemiology and control, impact, and zoonotic aspects. *Bio. Med. Res. Int.* 2013, 321237.

DIA M.L., BARRY Y., OULD AHMED M., CLAES F., BÜSCHER P., BA A., 2011- Nouvelles données sur la Trypanosomoses cameline à *T. evansi* en Mauritanie. In: *Proceedings 30th Biennial Conference of the International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control (ISCTRC)*, 125. AU-IBAR, Nairobi, Kenya: 391–398p.

DIA M. L. 1997- *Epidémiologie de la Trypanosomoses cameline à Trypanosoma evansi en Mauritanie*. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur de l'université Montpellier 1. Faculté de Médecine (Formation doctorale: parasitologie):197.

DIA M.L., VAN MEIRVENNE N., MAGNUS E., LUCKINS A.G., DIOP C., THIAM A., JACQUIET P., HAMERS R., 1997(c)- Evaluation de quatre tests de diagnostic: frottis sanguins, CATT, IFI et ELISA-AG dans l'étude de l'épidémiologie de la Trypanosomoses cameline à *Trypanosoma evansi* en Mauritanie. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* **50**, 29–36.

DIB L., BITAM I., TAHRI M., BENSOUILAH M., DE M.T., 2008- Competitive exclusion between piroplasmosis and anaplasmosis agents within cattle. *PLoS Pathog.* **4**, e7.

DIOLI M., JEAN-BAPTISTE S., FOX M. 2001- Ticks (Acari: Ixodidae) of the One-Humped Camel (*Camelus dromedarius*) in Kenya and Southern Ethiopia: species composition, Attachment sites, Sex Ratio and Seasonal Incidence. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, **54**(2), 115-122.

DIRIE M. F., WALLBANK K. R., ADEN A. A., BORNSTEIN S., and IBRAHIM M.D. 1989- Camel trypanosomiasis and its vectors in Somalia. *Veto Parasitol.***32**, 285-291.

DJIOUA O., 2011 - *Inventaire des Fourmicidae dans quelques milieux forestiers et agricoles de la Wilaya de Tizi-Ouzou*. Thèse magister Ecol. Uni. Tizi-Ouzou, 113p.

DOROODGAR A., SADR F., DOROODGAR M., DOROODGAR M., et SAYYAH M., 2014- Examining the prevalence rate of *Pediculus capitis* infestation according to sex and social factors in primary school children. *Asian Pacific J. Trop. Dis.*, **4**, 25–29.

DRANCOURT M., and RAOULT D., 2005 - Genus I. *Coxiella*. In: *Bergey's Manual Of Systematic Bacteriology, Volume 2: The Proteobacteria, Part B: The*

Gammaproteobacterium, Brenner D.J., Krieg N.R., Staley J.T. and Garrity G.M., eds. Springer-Verlag, East Lansing, MI, USA, 237–241.

DREUX P. 1980 - *Précis d'écologie*. Ed. Presse universitaire de France, Paris, 231 p.

DUBOST D., 2002- Ecologie, Aménagement et Développement Agricole des Oasis Algériennes. Edition: C.R.S.T.R.A, 423 p.

DURDEN L. A. 2002- Lice (Phthiraptera), *In*: MULLEN G. and DURDEN L. (Ed), *Medical and Veterinary Entomology*. Academic Press, San Diego: 45–65p.

E.C.D.C. (EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL) (2010). Panel with Representatives from the Netherlands, France, Germany, United Kingdom, United States of America. Risk assessment on Q fever. *ECDC Technical Report*, 40 pp. doi: 10.2900/28860. Available online: www.ecdc.europa.eu.

ELDIN C., MÉLENOTTE C., MEDIANNIKOV O., GHIGO E., MILLION M., EDOUARD S. et al., 2017- 'From Q fever to *Coxiella burnetii* infection: A paradigm change', *Clinical Microbiology Reviews* **30**, 115–190. <https://doi.org/10.1128/CMR.00045-16>.

EL-HARRAK M., MARTIN-FOLGAR R., LLORENTE, F., FERNANDEZ-PACHECO P., BRUN A., FIGUEROLA, J., JIMENEZ-CLAVERO, M.A., 2011- Rift Valley and West Nile virus antibodies in camels, North Africa. *Emerg. Infect. Dis.* **17**, 2372-2374 p.

EL-MAGRABI N.M., EL-HOUFEY A.A., et MAHMOUD S.R., 2015- Screening for prevalence and associated risk factors of head lice among primary school student in Assiut City. *Adv. Environ. Biol.*, **9**, 87–95.

ANDRE E., 2000- *Pédiculoses humaines : historique et actualités officinales*. Thèse de Docteur d'Etat : Pharmacie. Université de Limoges. Faculté de Pharmacie. p116.

ESTRADA-PENA A., 2015 - Ticks as vectors: taxonomy, biology and ecology; *Rev Sci. Tech.* **34**: 53-65.

FAYE B., SAINT-MARTIN G., BONNET P., BENGOUMI M., DIA M. L. 1997- Guide de l'élevage du dromadaire. Sanofi Santé Nutrition Animale : Libourne, 126 p.

FRANÇOIS D., 2007 - Les probabilités et la statistique de A à Z. *Ed Dunod*, Paris, 202 p.

FRANKOWSKI, B. L., and BOCCHINI, J. A., Jr. 2010- Head lice. *Pediatrics*, **126**(2), 392-403.

GEFFRAY L., et PARIS C., 2001- *Risque infectieux des animaux de compagnie*. Médecine et maladies infectieuses, **31**(2), 126-142p.

GHARBI M., and DARGHOUTH MA., 2014- A review of *Hyalomma scupense* (Acari, Ixodidae) in the Maghreb region: from biology to control. *Parasite*. **21**, 2.

GHARBI M., MOUSSI N., JEDIDI M., MHADHBI M., SASSI L., DARGHOUTH, M.A., 2013- Population dynamics of ticks infesting the one-humped camel (*Camelus dromedarius*) in central Tunisia. *Ticks Tick-borne. Dis.* **4**, 488–491. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2013.06.004>.

GHARSAN F.N., ABDEL-HAMED N.F., ABD S., et MOHAMMED A., 2016- The prevalence of infection with head lice *Pediculus humanus capitis* among elementary girl students in Albaha region- Kingdom of Saudi Arabia. *Int. J. Res. Dermat.*, **2**, 12–17.

GREENSLADE E., BEASLEY R., JENNINGS L., WOODWARD A., WEINSTEIN P., 2003- Has *Coxiella burnetii* (Q fever) been introduced into New Zealand? *Emerg. Infect. Dis.*, **9**.

GRUVEL J., et BALIS J., 1965- La trypanosomiase à *Trypanosoma evansi* chez le dromadaire au Tchad et ses principaux vecteurs. *Revue Elev. Méd. vét Pays trop.*, **18**,435-439.

GUEYE A., MBEGUE Mb., DIOUF A., et SONKO M.L., 1993- Tiques et hémoparasitoses du bétail au Sénégal. V. La zone nord guinéenne, *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop*, **46**, 441-447p.

GUEZI, L., 2015- *Détection moléculaire des Acinetobacter sp dans les poux de tête (Pediculus humanus capitis De Geer, 1778) chez les écoliers d'Alger-Est*. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, p 22.

GUIGUEN C., et DEGEILH B., 2001- Les tiques d'intérêt médical : rôle vecteur et diagnose de laboratoire. *Revue Française des Laboratoires*. N°338.

GULGUN M., BALCI E., KARAOGLU A., BABACAN O. et TURKER T., 2013- *Pediculosis capitis*: prevalence and its associated factors in primary school children living in

rural and urban areas in Kayseri, Turkey. *Cent. Eur. J. Public Health*, **21**, 104–108. DOI: 10.21101/cejph.a3750.

GUMI B., FIRDESSA R., YAMUAH L., SORI T., TOLOSA T., ASEFFA A., ZINSSTAG J., and SCHELLING E. 2013- Seroprevalence of Brucellosis and Q-Fever in Southeast Ethiopian Pastoral Livestock. *J. Vet. Sci. Med. Diagn.***2**(1), 1-11.

GUTIERREZ M.M., GONZÁLEZ J.W., STEFANAZZI N., SERRALUNGA G., YAÑEZ L. et FERRERO A.A., 2012- Prevalence of *Pediculus humanus capitis* infestation among kindergarten children in Bahía Blanca city, Argentina. *Parasitol. Res.*, **111**, 1309–1313. doi: 10.1007/s00436-012-2966-y.

GUTIERREZ C., JUSTE M.C., CORBERA J.A., MAGNUS E., VERLOO D., MONTOYA, J.A., 2000- Camel trypanosomosis in the Canary Islands: assessment of seroprevalence and infection rates using the card agglutination test (CATT/T. evansi) and parasite detection tests. *Vet. Parasitol.* **90**, 155–159.

HAGHI F.M., GOLCHIN M., YOUSEFI M., HOSSEINI M. et PARSI B., 2014- Prevalence of Pediculosis and Associated Risk Factors in the Girls primary School in Azadshahr City, Golestan Province, 2012-2013. *Iran. J. Heal. Sci.*, **2**, 63–68.

HAMZI S., HAMMADACHES S., 2016- *Pédiculose du cuir chevelu en milieu scolaire*. Mémoire pour obtenir le diplôme de Master en Biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 37p.

H.C.S.P. (Haut conseil de la sante publique) 2012- Commission spécialisée « Maladies transmissibles ». Mieux connaître la borréliose de Lyme pour mieux la prévenir. <http://www.hcsp.fr>.

HARRIS P., EALES K.M., SQUIRES, R., GOVAN B., and NORTON R., 2013- Acute Q fever in northern Queensland: variation in incidence related to rainfall and geographical location. *Epidemiol. Infect.* **141**, 1034–1038. <https://doi.org/10.1017/S0950268812001495>.

HAZRATI T.K., CHAVSHIN A.R., MOHAMMADZADEH H.H., KHASHAVEH S., HANIFIAN H., BOZORGOMID A., MOHAMMADI M., JABBARI Gh. D. et AZIZI H., 2012- *Pediculosis capitis* among primary school children and related risk factors in Uremia, the main city of West Azerbaijan, Iran. *J. Arthropod. Borne. Dis.* **6**, 79–85.

HIGGINS A.J. 1986- Common Ectoparasites of the camel and their control. In: Higgins A.J. Camel in health and disease. Baillière: London, 72-91.

HNICHE M., 2006- *Identification des tiques et dépistage de l'infection piroplasmique des bovins au sein d'un élevage mixte de bovins et de dromadaire dans le sud ouest de la Tunisie.* Thèse Doc. Méd. Vét. E.N.M.V., Sidi Thabet, 34 p.

HOGERWERF L., RENÉ V. D. B., ROEST H. I. J., BOUMA A., VELLEMA P., PIETERSE M., DERCKSEN D., and NIELEN M., 2011- Reduction of *Coxiella burnetii* Prevalence by Vaccination of Goats and Sheep, the Netherlands. *Emerg. Infect. Dis.* **17**(3) ,379-386.

HOSMER D.W. and LEMESHOW S. 2000- Applied logistic regression. 2nd Edition, *John Wiley & Sons, Inc.*, New York. doi:10.1002/0471722146.

HOUNZANGBE-ADOTE M.M.S., LINTON E., KOUTINHOIN G.B., LOSSON B., MOUTAIROU K. 2001- Impact des tiques sur la croissance des agneaux Djallonké. *Ann. Méd. Vét.*, **145**, 210-216.

HUSSEIN M.F., ALSHAIKH, M.A., AL-JUMAAH R.S., GARELNABI A., AL-KHALIFA I., MOHAMMED O.B., 2015- The Arabian camel (*Camelus dromedarius*) as a major reservoir of Q fever in Saudi Arabia. *Comput. Clin. Pathol.* **24**, 887–892. https://www.researchgate.net/publication/282680305_The_Arabian_camel_Camelus_dromedarius_as_a_major_reservoir_of_Q_fever_in_Saudi_Arabia.

HUSSEIN MF., ALSHAIKH M., GAD EI-RAB MO., ALJUMAAH RS., GAR EL NABI AR., ABDEL BAGI AM., 2008- Serological prevalence of Q fever and chlamydiosis in camels in Saudi Arabia. *J Anim. Vet. Adv.* **7**:685–688.

IDRIS M.A., RUPPEL A., PETNEY T. 2000- Antibodies against Rickettsia in humans and potential vector ticks from Dhofar, Oman. *Med. Sci.*, **2**, 7-10.

IZRI A., UZZAN B., MAIGRET M., GORDON M.S., et BOUGES-MICHEL C., 2010- Clinical efficacy and safety in head lice infection by *Pediculus humanus capitis* De Geer (*Anoplura: Pediculidae*) of a capillary spray containing a silicon-oil complex. *Parasite.* **17**, 329–335.

IZRI A., CLEMENT-RIGOLET M., 2004- Pédiculose et gale, épidémiologie, prise en charge et prévention, Edition CESSPF, 5 p.

IZRI A., 2001- Les poux : diagnostic, nuisance et rôle vectoriel, *Revue Française des Laboratoires*, 37–40.

JAMSHIDI A., KHANZADI S., RAZMYAR J., and BORJI S. 2013- The presence of *Coxiella burnetii* in bulk tank milk samples of dairy herds in Mashhad using PCR assay.

JANATI P.H., MOHAMMADI G., MEHRZAD J., AZIZZADEH M., NAZEM SHIRAZI M.H., 2015- Seroepidemiology of Q fever in one-humped camel population in northeast Iran. *Trop. Anim. Health Prod.* **47**, 1293–1298. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0862-z>.

JONGEJAN F., UILENBERG G. 2004- The global importance of Ticks. *Parasitology*, **129**, 3-14 p.

JOSHI P.P., CHAUDHARI A., SHEGOKAR V.R., POWAR R.M., DANI V.S., SORNALWAR A.M., JANNIN J., TRUC P. 2006- Treatment and follow-up of the first case of human Trypanosomiasis caused by *Trypanosoma evansi* in India. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* **100**, 989-991.

KAUFFMAN J .1996- Parasitic Infections of Domestic Animals: A Diagnostic Manual, Birkhäuser Verlag, Schweiz: 262–271.

KERNIF T., SOCOLOVSKI C., BITAM I., RAOULT D., PAROLA P., 2012- Vector-borne Rickettsioses in North Africa. *Infect. Dis. Clin North Am.* **26**, 455–478.

KILIC S., PASA S., BABURM C., and OZLEM MB. 2005- Investigation of *Coxiella burnetii* antibodies in sheep in Aydin region, Turkey. *Revue de médecine vétérinaire* **156**(6):336-340.

KLEMMER J., NJERU J., EMAM A., EL-SAYED A., MOAWAD AA., HENNING K., ELBESKAWY MA., SAUTER-LOUIS C., STRAUBINGER RK., NEUBAUER H., EL-DIASTY MM. 2018- Q fever in Egypt: epidemiological survey of *Coxiella burnetii* specific antibodies in cattle, buffaloes, sheep, goats and camels. *PLoS ONE* **13**:e0192188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192188>.

KRINSKY, W. L. 1976- Animal disease agents transmitted by horse flies and deer flies (Diptera: Tabanidae). *J. Med. Ent.* **13**, 225-275.

KULEY R., KUIJT E., SMITS M.A., ROEST H.I.J., SMITH H.E., BOSSERS A., 2017- Genome plasticity and polymorphisms in critical genes correlate with increased virulence of Dutch outbreak-related *Coxiella burnetii* strains. *Front. Microbiol.* **8**, 1526.

LAAMRI M., KHARRIM K. EL., MRIFAG R., BOUKBAL M., ET BELGHYTI D. 2012- "Dynamique des populations de tiques parasites des bovins de la région du Gharb au Maroc." *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, **65**:57-62.

LACHEHEB A., 2008- La Fièvre Q: maladie Émergente méconnue en Algérie, Première Journée de Microbiologie Clinique, 29 mai 2008, Alger, Algérie. www.samic-inf.com/samic-pps/archives/lacheheb.pps.

LANG G.H., 1990- Coxiellosis in animals. In: Marie T.J. Ed., *The diseases: Q fever*. Boca.

LEULMI H., AOUADI A., BITAM I., BESSAS A., BENAKHLA A., RAOULT D., PAROLA P., 2016- Detection of *Bartonella tamiiae*, *Coxiella burnetii* and *Rickettsia* in arthropods and tissues from wild and domestic animals in northeastern Algeria. *Parasit. Vect.* **9**, 27. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1316-9>.

LITAMINE Kh., 2019 - Création de 10 nouvelles wilayas dans le sud du pays. *Journal Algérie-éco*.

LOUNI M. 2018- *Gènes de résistance des poux humains et détection des agents pathogènes en Algérie*. Thèse de Doctorat 3ème cycle LMD. Université M'hamed Bougara-Boumerdes. Faculté des Sciences (Ecologie des Systèmes Vectoriels) :169.

MAMADOU S., 2012- *Contribution à l'étude des tiques dans le sud-est de la Mauritanie*. Thèse pour l'obtention du grade de docteur vétérinaire non publié, Ecole inter-états des sciences et médecine vétérinaires -E.I.S.M.V, Dakar ,132p.

MANS B., GOTHE J.R., et NEITZ A. W. H. 2008- Ticks toxins: perspectives on paralysis and other forms of toxicoses caused by ticks. *Ticks: Biology, Diseases and Control*: 108-126.

MANSOURI Gh., 2016- *Détection moléculaire des Acinetobacter sp dans les poux de tête (Pediculus humanus capitis) chez les écoliers de Tlemcen-Est*. Mémoire en vue de l'obtention

du diplôme de master en Microbiologie appliquée. Université de Tlemcen, faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, 69p.

MOUANE A., 2009 - *Contribution à la connaissance des Amphibiens et des Reptiles de la région de l'erg Oriental (Souf, Taibet et Touggourt)*. Mém. Magistère en Écologie Animale, Univ. Biskra.

MARMION B.P., SUKOCHEVA O., STORM P.A., LOCKHART M., TURRA M., KOK T., AYRES J., ROUTLEDGE H., and GRAVES S. 2009- Q fever: persistence of antigenic non-viable cell residues of *Coxiella burnetii* in the host – implications for post Q fever infection fatigue syndrome and other chronic sequelae. *QJM* **102**, 673–684.

MARRIE, T.J. 1990- Epidemiology of Q fever. Marrie, T.J. Q fever, **vol 1**. The disease. 49-70. Boca Raton, Fla, CRC Press.

MAURIN M., RAOULT D., 1999- Q fever. *Clin Microbiol. Rev.* **12**, 518–553. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC88923/pdf/cm000518.pdf>.

MEDDOUR-BOUDERDA K., et MEDDOUR. A., 2006- Clés d'identification des *Ixodina* (*Acarina*) d'Algérie. Sciences et Technologie C – N°24, 32-42p.

MEDIANNIKOV O., DIATTA G., FENOLLAR F., SOKHNA C., TRAPE J.F. and RAOULT D., 2010- Tick-borne Rickettsioses, neglected emerging diseases in rural Senegal. *PLoS Negl Trop. Dis.*, **4**(9): p. e821.

MEGUENNI-TANI A. 2013 - *Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe du Mio-plio-quaternaire de la région sud de la ville de Biskra, Algérie*. Mémoire de Master. Univ de Tlemcen. 70p.

MELANIE M., 2008- *Apport des traitements récents dans la prévention et le traitement de la pédiculose du cuir chevelu*. Thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur en pharmacie. Université Joseph Fourier, 72p.

MERCK 2008 - Le manuel vétérinaire MERCK, troisième édition, Paris : 3^{ème} Editions d'Après. 2700 p.

MERLIN J., 2018- *Etude de la Trypanosomose à Trypanosoma evansi chez le dromadaire (Camelus dromedarius) aux Emirats arabes unis*. Docteur Vétérinaire. Université Claude-Bernard - Lyon I.188p.

MOOSAZADEH M., AFSHARI M., KEIANIAN H., NEZAMMAHALLEH A., et ENAYATI A.A., 2015- Prevalence of Head Lice Infestation and Its Associated Factors among Primary School Students in Iran: A Systematic Review and Meta-analysis. *Osong Public Heal. Res. Perspect.* **6**, 346–356.

MORADI A.R., ZAHIRNIA A.H., ALIPOUR A.M. et ESKANDARI Z., 2009- The prevalence of *Pediculosis capitis* in primary school students in Bahar, Hamadan Province, Iran. *J. Res. Health Sci.* **9**, 45–49.

MOREL P.C., 2000- Maladies à tiques du bétail en Afrique. In : Chartier Ch., Itard J., Morel P.-C., Troney P.-M. (Eds.), Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Technique et documentation, Editions médicales internationales : Paris, 452-769.

MOREL P.C. 1982- Ecologie et distribution des tiques du bétail en Tunisie. Document photocopie, Enseignement, Institut d'élevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, Maison Alfort, Paris ; 1-10.

MUSNIER L. 2003 - Maladie à tiques : Bientôt du nouveau sur la fièvre Q. *Activéto*, **24**, 10-11.

MUSTAFA I.E., 1987- Bacterial diseases of dromedaries and Bactrian camels. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **6** (2): 391-405.

NADA E.E.A., EL-NADI N.A., ABU-EL DAHAB S.H., 2006- Epidemiological studies on *Pediculosis capitis* in Sohag governorate. *Egypt. Dermatology Online J.*, **2**, 1–9.

NAZARI M., GOUDARZTALEJERDI R., et ANVARI PAYMAN M., 2016- Pediculosis capitis among primary and middle school children in Asadabad, Iran: An epidemiological study. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, **6**, 367–370.

NDOUTAMIA G., BRAHIM B.O., BRAHIM A., DJIMGANG G., SABOUN M., DOUTOUM A.A., 1999- La Trypanosomose à *Trypanosoma evansi* chez les camélidés au Tchad: facteurs épidémiologiques et influence sur les paramètres hématologiques et protéo énergétiques. *Rev. Med. Vet.* **11**, 899–904.

NJIRU Z.K., CONSTANTINE C.C., GUYA S., CROWTHER J., KIRAGU J.M., THOMPSON R.C., DAVILA A.M., 2004- The use of ITS1 rDNA PCR in detecting pathogenic African trypanosomes. *Parasitol. Res.* **95**, 186–192.

NOZAIS J.P., DATRY A., et MARTIN D. 1996- Traité de parasitologie médical. Ed: Pradel. 1 vol. XIII-817 p.

NUTANSON I.C.J., STEEN R.A., SCHWARTZ C.K., et al., 2008- *Pediculus humanus capitis*: an update, *Acta. Dermatoven. APA.*, **17**, 147–159.

O.I.E. (World Organization for Animal Health) 2018 - *Trypanosoma evansi* Infection (Surra). Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, Chapter 3.1.21. Last accession date 01 May 2019. http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahm/3.01.21_TRYPANO_SURRA.pdf/.

O.I.E. (World Organization for Animal Health) 2010- Infectious Diseases of Interest for Camelids, *Appendix IV. Report of the Second Meeting of the OIE AD HOC Group on Diseases of Camelids. Paris, 3-5 May*, 1–11 p.

OLIVIER P., GWENAËL V., MURIEL V., 2017- Tiques, maladie de Lyme et autres maladies à tique. Conférence de presse. 2-28 p.

OUEDRAOGO A. M., 1975- *Les tiques des animaux domestiques de Haute Volta*. Thèse : Med. Vet. Dakar ; 4. 131 p.

OUIS I., 2016- *Détection moléculaire des Acinetobacter sp dans les poux de tête (Pediculus humanus capitis) chez les écoliers de Tlemcen-Ouest*. Mémoire de Master en biologie : Microbiologie appliquée. Université de Tlemcen. Faculté des Sciences Biologiques 35 p.

OTMANI N., 2013- *Etude de quelques infections transmises par les tiques en Europe occidentale. Prise en charge à l'officine*. Diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Limoges, faculté de Pharmacie : 114.

OTRANTO D., DANTAS-TORRES F., BREITSCHWERDT E.B. 2009- Managing canine Vectors-borne diseases of zoonotic concern: part one. *Trends in Parasitology*.**25**:157–163.

OYIENKE F.A. 1987- Mechanical transmission of *Trypanosoma evansi* (Steel) by haemaphagous flies. In: *8th Annual Medical Scientific Conference, Nairobi. Kenya*:131-134.

PAJOT X., 2000- Les poux (Insecta, Anoplura) de la région afro-tropicale, Editions de l'IRD, Paris, 294p.

PEREZ-EID C., 2007- Les tiques: identification, biologie, importance médicale et vétérinaire. Ed. Lavoisier, Paris, France, 339p.

PILLON F. et KESSELLER E., 2009- Pédiculose du cuir chevelu, le point sur la thérapeutique. *Actualités Pharmaceutiques*.**48**.29-31p.

PIROUZ H.J., MOHAMMADI G., MEHRZAD J., AZIZZADEH M., HOSSEIN M., and SHIRAZI N, 2015- Seroepidemiology of Q fever in one-humped camel population in northeast Iran, *Tropical Animal Health and Production* **47**, 1293-1298. <http://doi.org/10.1007/s11250-015-0862-z>.

RAHAL K., BENNADJI A., DAHMANI A., DECHICHA A., KHALED H., MERDJA S., LOUNES N., ROUSSETE E., SIDI BOUMEDINE K., THIERY R., LAROUCAU K., GARIN-BASTUJI B. et BOUYOUCHEF A., 2011- Séroprévalence apparente de la Brucellose, Chlamydie et fièvre Q chez les ovins de la région de Ksar Boukhari. *Recl. Journées Vétérinaires Blida*, **4**, 1-16.

RAOULT D., MARRIE T., and MEGE J. 2005- Natural history and pathophysiology of Q fever. *Lancet Infect. Dis.* **5**:219-226.

RASSAMI W., et SOONWERA M., 2012. Epidemiology of *Pediculosis capitis* among schoolchildren in the eastern area of Bangkok, Thailand. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, **2**, 901–904.

REHACEK J. Ac. P. and BREZINA R. 1968- Elimination of *Coxiella burnetii* in faeces and the transmission of this agent to small rodents by the peroral route. *Bulletin of the World Health Organization* **39**, 973–974.

RENEE V., 2006- Aide-mémoire Statistique et probabilités pour l'ingénieur 2ème édition. Ed. Dunod. Paris, 489p.

RICHARD D., HOSTE C., PEYRE De FABREQUES D. 1984- Le dromadaire et son élevage. Centre de Coopération internationale en Recherche agronomique pour le Développement (CIRAD), Institut d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux : Maisons-Alfort, 162 p.

RISCO-CASTILLO V., 2018- Les tiques et leurs pouvoirs pathogènes. Polycopie. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité de Parasitologie, Mycologie, Maladies parasitaires et fongiques, Dermatologie, 44p.

RODHAIN F., 2015- Les insectes comme vecteurs : systématique et biologie. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **34** (1), 67-82.

RODHAIN F., et PEREZ-EID C., 1985- Les tiques Ixodides : systématique, biologie, importance médicale, *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire* Paris, France, Maloine: 341-350.

ROZSA L., REICZIGEL J., and MAJOROS G., 2000- Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology*, **86**: 228-232.

SAHIBI H., RHALEM A., BERRAG B., GOFF W.L., 1998- Bovine *Babesiosis*. Seroprevalence and ticks associated with cattle from two different regions of Morocco. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **849**: 213-218.

SAMAH A.F., IBRAHIM E.M., and ELJAKEE J., 2016- Molecular and serological studies on *Coxiella burnetii* in camels at Marsa Matrouh governorate in Egypt. *J. Anim. Sci.* **12**(1), 77-82.

SAMARI H., REGHAISSIA N., BOULARIAS Gh., et LAATAMNA A. 2018- Identification des différentes espèces de tiques infestant les camelins dans la région de Tindouf. *4ème Workshop international. Les parties prenantes du secteur du dromadaire: caractéristiques, points critiques et potentialités.* Université de Tlemcen Algérie: 3.

SAMBOU M. 2011- *Identification de rickettsies pathogènes chez les tiques Ixodides de la zone de keur momar sarr (louga).* Thèse de master en biologie animale non publié, Université Cheikh Anta Diop, Sénégal ,41p.

SCHELLING E., DIGUIMBAYE C., DAUD S., NICOLET J., BOERLIN P., TANNER M., and ZINSSTAG J., 2003- Brucellosis and Q fever seroprevalence of nomadic pastoralists and their livestock in Chad. *Prev. Vet. Med.* **61** (4), 279-293.

SEDDIK M.M., KASSER F., JEDIDI M., KHORCHANI T., GHARBI M. et DARGHOUTH M.A. 2016- Contribution à l'étude de la répartition des espèces de tiques parasites du dromadaire au sud tunisien. *Revue des Régions Arides* n° **39** (1) :13-26.

SELMI R., BEN S.M., MAMLOUK A., BEN Y.H., MESSADI L., 2019- Molecular detection and genetic characterization of the potentially pathogenic *Coxiella burnetii* and the endosymbiotic candidatus *Midichloria mitochondrii* in ticks infesting camels (*Camelus dromedarius*) from Tunisia. *Microb. Pathog.* **136**, 103655.

SELMI R., MAMLOUK A., BEN Y.H., ABDELAALI H., BEN S.M., SELLAMI K., DAALOUL-JEDIDI M., JEMLI M.H., MESSADI L., 2018- *Coxiella burnetii* in Tunisian dromedary camels (*Camelus dromedarius*): seroprevalence, associated risk factors and seasonal dynamics. *Acta. Trop.* **188**, 234–239. Doi.org/10.1016/j. Acta_troopica.2018.09.008.

SERGENT E., et SERGENT E., 1905- EL-DEBAB Trypanosomiase des dromadaires de l’Afrique du Nord, Annales de l’Institut Pasteur d’Alger, pp. 17–48.

SESHADRI R., PAULSEN I., EISEN J., READ T., NELSON K., NELSON W., et al. 2003- Complete genome of *Coxiella burnetii*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*; **100**: 5455-5460.

SHIRVANI Gh. Z., SHOKRAVI F. A., et ARDESTANI S. M., 2013- Evaluation of a Health Education Program for Head Lice Infestation in Female Primary School Students in Chabahar City, Iran. *Arch. Iran. Med.*, **16**, 42–5.

SIDI-BOUMEDINE K., DUQUESNE V., PRIGENT M., YANG E., JOULIE A., THIERY R., ROUSSET E., 2015- Impact of *IS1111* insertion on the MLVA genotyping of *Coxiella burnetii*. *Microb. Infect.* **17**, 789–794. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2015.08.009>.

SI KADIR M., et BENMEDDOUR F. 2017- *Détection moléculaire des Acinetobacter sp. Dans les poux de tête Pediculus humanus capitis (De Geer, 1778) dans la région de Bejaia. Mém. Master en biologie (entomologie appliqué à la médecine).* Univ. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Faculté des Sci. Bio., et des Sci. Agro.65p.

SOCOLOVSKI C., DOUDIER B., PAGES F., PAROLA P., 2008- Tiques et maladies transmises à l’homme en Afrique. *Med. Trop.* 2008; **68**: 119-133p.

SOHIER E., 2016- *Etude de la Pédiculose dans des écoles publiques nantaises: un point en 2013-2014.* Thèse pour diplôme d’état de docteur en pharmacie. *Université de Nantes*, 135p.

TISSOT-DUPONT H., TORRES S., NEZRI M., RAOULT D., 1999- Hyperendemic focus of Q fever related to sheep and wind. *Am. J. Epidemiol.* **150**, 67–74. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009920>.

TOLOZA A., 2009- Epidemiology of *Pediculosis capitis* in elementary schools of Buenos Aires, Argentina. *Parasitology Research* **104**(6): 1295-1298.

UMEMIYA S., TANAKA T., BOLDBAATAR D and FUJISAKI K. 2012- Akt is an essential player in regulating cell /organ grow that the adult stage in the hard tick *Haemaphysalis longicornis*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. **42**: 164-173 p.

VALTONON E.T., HOLMES J.C. and KOSKIVAARA M., 1997- Eutrophication, pollution and fragmentation: effects on parasite communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in four lakes in the Central Finland. *Can. J. Aquat. Sci.* **54**: 572-585.

VANHOLLEBEKE B., POELVOORDE P., PAYS A., JOSHI P.P., KATTI R., JANNIN JG., et al. 2006 - Human *Trypanosoma evansi* infection linked to a lack of apolipoprotein L-I. *N Engl J Med*; **355**(26): 2752-2756. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa063265>.

VERGNE T., 2009 - *Epidémiologie de Trypanosoma evansi en Thaïlande : Etudes expérimentales de la transmission vectorielle par les sangsues et les tiques*. Thèse doc. vét. ENVT, Toulouse, France, n°4094, 92 p.

VERLOO D., MAGNUS E., BÜSCHER P., 2001- General expression of RoTat 1.2 variable antigen type in *Trypanosoma evansi* isolates from different origin. *Vet. Parasitol.* **97**, 183–189.

WALKER A. R., BOUATTOUR A., CAMICAS J.-L., ESTRADA-PEÑA A., HORAK I. G., LATIF A. A., PEGRAM R.G. and PRESTON P. M., 2003- *Ticks of domestic animals in Africa: A guide to identification of species*. Biosciences reports, Edinburgh EH105QR, Scotland, U.K., 221p.

WALL R., and SHEARER D., 2001 -*Veterinary Ectoparasites. Biology, Pathology and Control*. Editorial offices: Osney Mead, Oxford OX20EL, 275 p.

W.H.O. (World Health Organization) 2004- *The vector-borne human infections of Europe. Their distribution and burden on public health*. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

YAPI W., 2007 - *Contribution à l'étude des tiques parasites des bovins en Côte d'Ivoire : cas de quatre troupeaux de la zone sud*. Thèse de docteur en médecine vétérinaire, Ecole inter-états des sciences et médecine vétérinaire- E.I.S.M.V, France, 109p.

YOUSEFI S., SHAMSIPOOR F., et SALIM ABADI Y., 2012- Epidemiological Study of Head Louse (*Pediculus humanus capitis*) Infestation Among Primary School Students in Rural Areas of Sirjan County, South of Iran. *Thrita J. Med. Sci.*, **1**, 53–56.

ZELEKE M., et BEKELE T. 2004- Species of Ticks on Camels and Their Seasonal Population Dynamics in Eastern Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production*, **36** :225–231.

ZEMMOUR M., et MALKI L., 2015- *Pédiculose du cuir chevelu en milieu scolaire*. Mémoire pour obtenir le diplôme de Master en Biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 50p.

ZEROUAL S., GAOUAOUI R., and BOUDJELIDA H., 2016 - Diversity and occurrence of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in the area of Biskra (Middle Eastern of Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, **4**(5): 890-895.

Annexes

Annexe 1 - Fiche d'enquête

I. Renseignements personnels :1. Votre sexe : ♂ ♀ 2. Votre âge : 3. Votre niveau d'études : Primaire Moyen Secondaire Universitaire

4. Votre profession :

5. Y a-t-il beaucoup de pédiculose dans votre entourage:.....

II. Renseignements sur l'enfant :1. Sexe : Fille Garçon

2. Age :

3. Cheveux : Longs Courts 4. Utilisez-vous un peigne fin ? Oui Non **III. Information concernant la pédiculose :**1- Connaissez-vous la pédiculose : **Oui** **Non**2- Connaissez-vous un patient atteint de pédiculose : **Oui** **Non**3- Si Oui : Sexe: **M** **F**4- Connaissez-vous les causes de la maladie: **Oui** **Non**5- Connaissez-vous comment se propage la maladie: **Oui** **Non**

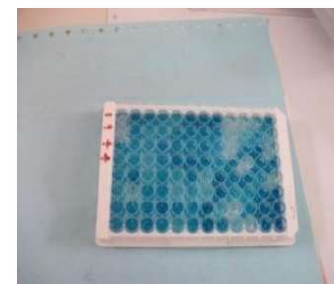
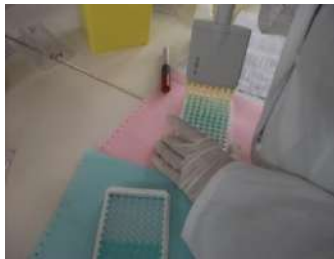
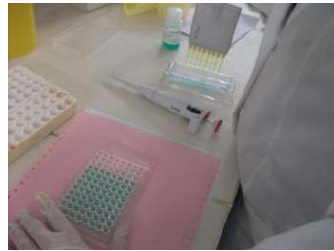
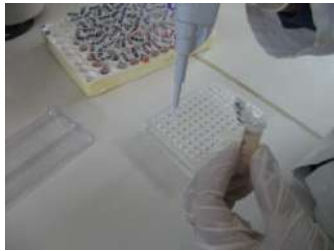
6- Moyen de traitement :

7- Motif de la consultation : Démangeaisons – Fièvre – Vertige Autre.....

III. Moyens d'information :1- Que pensez-vous des informations sur cette maladie : **Très bien** **Bien** **Mal**

2- Que proposez-vous comme moyen d'information :

Annexe 2- Procédures générales et conseils pour le test ELISA



Dans une microplaque de pré dilution à 96 puits, distribuer :

- 5µl du **Contrôle Négatif** aux puits A₁ et B₁.
- 5µl du **Contrôle Positifs** aux puits C₁ et D₁.
- 5µl de chaque échantillon à tester dans les puits restants.
- 245µl du **Tampon de dilution 2** dans chaque puits.



Dans une microplaque ELISA, transférer :

- 100µl du **Contrôle Négatif** aux puits A₁ et B₁.
- 100µl du **Contrôle Positifs** aux puits C₁ et D₁.
- 1. 100µl de chaque échantillon à tester dans les puits restants.
- 2. Couvrir la plaque et incuber 45min± 4min à 21°C.
- 3. Vider les puits. Laver 3 fois avec au moins 300µl de **solution de lavage**. Eviter le dessèchement des puits entre les lavages.



4. Préparer le **Conjugué 1X** en diluant le **Conjugué concentré10X** au 1/10^{ème} en **Tampon de dilution 3**.

5. Distribuer 100µl de **Conjugué 1X** dans chaque puits.

6. Couvrir la plaque et incuber **30min ± 3min** à 21°C (±5°C).

7. Vider les puits. Laver 3 fois chaque puits avec environ 200µl de **Solution de lavage**. Eviter le dessèchement des puits entre les lavages.

8. Distribuer 100µl de **solution de révélation** dans chaque puits.

9. Couvrir la plaque et incuber **15min ± 2min** à 21°C (±5°C) à l'obscurité.

10. Distribuer 100µl de **Solution d'arrêt** dans chaque puits, en suivant le même ordre qu'en étape N°8.

11. La lecture des densités optiques est réalisée, mesurée et enregistrée à 450nm.

Annexe 3- Protocole d'extraction d'ADN du sang et de tiques

- Prendre 200µl du sang
- Mettre dans des tubes Eppendroff.



San

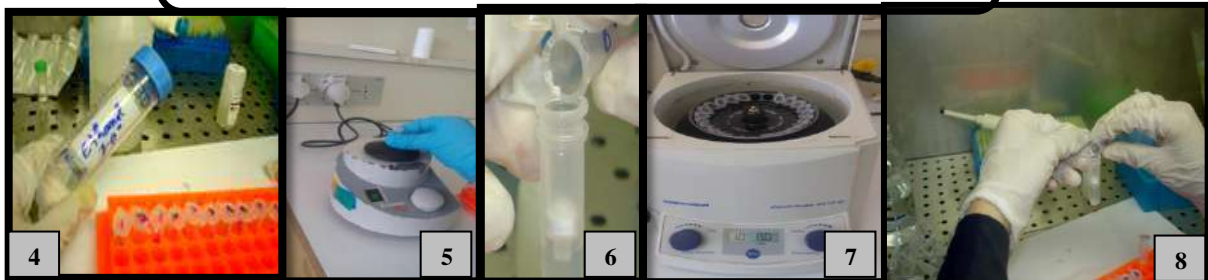
- Découper en petits morceaux des tiques
- Mettre dans des tubes Eppendroff.



Tiqu



- 1- Ajouter 180µl ATL + 20µl Protéinase K
- 2- Vortexer 15 secondes.
- 3- Incuber (bain à sec de 70°C/10min et en cas des tiques (56°/une nuit).



- 4- Ajouter 200µl d'éthanol
- 5- Vortexer 10 à 15 secondes.
- 6- Pipeter le mix dans les tubes collecteurs à filtre
- 7- Centrifuger 1min à 8000t/min
- 8- Jeter l'éluât et placer le filtre dans un nouveau tube collecteur



- Effectuer un 1^{ème} lavage dans 500 µ l de AW1 :
- Centrifuger 1minute à 8000 tours/minutes
 - Jeter l'éluât et placer le filtre dans un nouveau tube collecteur
- 2^{ème} lavage dans 500µl d'AW2 :
- Centrifuger 3minutes à 13.000 tours/minutes
 - Jeter l'éluât et placer le filtre dans un nouveau tube collecteur.



- Placer le filtre dans un tube Eppendorf et ajouter entre 150 à 200 µ l de tampon AE,
- Incuber une 1 à 5 minute à température ambiante et Centrifuger pendant 1minute à 8 000 tr.

- Récupérer l'éluât contenant l'ADN.

Annexe 4- Préparation du mix

Elle est réalisée sous conditions aseptiques pour éviter toute contamination (sous une hotte-biocap). Le volume et le rôle de chacun des composants du Mix de la PCR sont représentés dans le tableau suivant:

Produit	Rôle	Volume pour un échantillon	Concentration totale
Master mix	Remplace le Kit	10 μ l	1X
Primer 1	Le reverse et le forward	0,5 μ l	0,5 μ m
Primer 2		0,5 μ l	0,5 μ m
Sonde	Spécificité et la lecture	2 μ l	0,2 μ m
Eau distillée stérile	Pour l'équilibre	2 μ l	
Total mix	-	15 μ l	
Total avec ADN		20 μ l	

Chaque constituant du mix est multiplié par le nombre d'échantillons étudiés, puis 20 μ l de ce mélange est distribué dans chaque tube avec 5 μ l de l'échantillon d'ADN à tester (issu de l'extraction) alors que :

- Témoin négatif : 5 μ l d'eau distillé stérile plus 20 μ l du mix
- Témoin positif : 5 μ l d'ADN positif avec 20 μ l du mix

Publication



Coxiella burnetii in camels (*Camelus dromedarius*) from Algeria: Seroprevalence, molecular characterization, and ticks (Acari: Ixodidae) vectors



Meriem Bellabidi^{a,b}, Mohammed Hocine Benaissa^c, Samia Bissati-Bouafia^a, Zoubir Harrat^b, Karima Brahmî^d, Tahar Kernif^{b,*}

^a Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, Laboratoire des Bio Ressources Sahariennes, 30000 Ouargla, Algeria

^b Laboratoire d'Eco-épidémiologie Parasitaire et Génétique des Populations, Institut Pasteur d'Algérie, 16000 Algiers, Algeria

^c Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas (CRSTRA), 30002 Touggourt, Algeria

^d Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Département de Biologie, Université Mouloud Mammeri, 15000 Tizi Ouzou, Algeria

ARTICLE INFO

Keywords:

Coxiella burnetii
Camels
Seroprevalence
IS1111 gene
Ticks
Algeria

ABSTRACT

Q fever is a widespread zoonotic disease caused by *Coxiella burnetii* that most commonly infects not only a variety of mammals but also arthropods and in particularly ticks. The aim of this study was to detect *C. burnetii* infection in camels including ixodid ticks using serological and molecular assays. Between July 2018 to June 2019, blood samples from 184 male and female camels (*Camelus dromedarius*) were collected from 3 regions of South-East Algeria and serum samples were tested for antibodies against *Coxiella burnetii* using indirect enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) kit. The positive sera and a total of 60 ticks were tested by quantitative PCR (qPCR) for detection of *C. burnetii* with primers and probes specific to the transposon-like repetitive region (*IS1111* gene). Positive samples were genotyped by amplification and sequencing of partial sequences based on the *IS1111* gene.

The seroprevalence of antibodies against *C. burnetii* was 75.5%. Statistical analysis pointed out three potential risk factors associated with Q fever infection: geographic location, age class and season. No positive DNA of camel blood sample was observed. However, five *Hyalomma dromedarii*, one *H. impeltatum* and one *H. excavatum* tick species were detected positive for *Coxiella burnetii* DNA by qPCR, with an overall prevalence rate of 11.66% (7/60). The revealed Algerian strains by phylogenetic and comparative analysis of the *IS1111* nucleotide sequences were clustered with several pathogenic *C. burnetii* strains isolated from ticks, human, and cattle located in Tunisia, Greece and in some Mediterranean countries, respectively. The study results clearly indicate that camels and their ticks in Algeria may play an important role as a reservoir for *C. burnetii* and can be considered as a significant source of Q fever transmission to other animal species and humans.

1. Introduction

The world population of dromedary camel is about 30 million, with highest numbers in Africa and the Middle East. The camels are common in arid areas as beasts of load and production animals for meat and milk. Several infectious diseases are known to affect camels. Consequently, a consumption and contact with these camels represent a significant point source or vector for zoonotic disease transmission to humans and other animals (Zhu et al., 2019).

Coxiella burnetii, the causative agent of Q fever, is a zoonotic and strictly intracellular bacterium that belongs to the gamma subdivision of Proteobacteria in the Order of Legionellales and Coxiellaceae family

(Bielawska-Drozd et al., 2013). Human infection most frequently occurs from inhalation of contaminated aerosols, through direct contact with milk, urine, feces, amniotic fluid or aborted tissues, or semen of infected animals, and tick bites (Anderson et al., 2013). A wide variety of vertebrate and invertebrate hosts can be infected with *C. burnetii* including wild and domestic mammals, marine mammals, birds, reptiles and arthropods (Babudieri, 1959). Among mammals, cattle, sheep and goats are the main reservoirs and frequent source of human infection by *C. burnetii* (Eldin et al., 2017). However, any infected animal has the potential to transmit the pathogen (Janati et al., 2015; Vanderburg et al., 2014), as suggested by Vanderburg et al. (2014) that contact with camels was associated with human Q fever across Africa. *Coxiella burnetii*

* Correspondence author.

E-mail address: kernif.tahar@gmail.com (T. Kernif).

<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105443>

Received 18 December 2019; Received in revised form 11 March 2020; Accepted 11 March 2020

Available online 13 March 2020

0001-706X/ © 2020 Elsevier B.V. All rights reserved.

is among the most widespread zoonotic pathogens infectious in camels (Hussein et al., 2015). Very high prevalence of Q fever antibodies was reported in the sera of camels from almost all parts of the Middle East, North and East Africa (Selmi et al., 2018; Zhu et al., 2019). Only few serological data for seroprevalence of Q fever are available regarding camel populations in Algeria (Benaissa et al., 2017) since most investigations have focused on sheep, goats and cows (Agag et al., 2016; Derdour et al., 2017; Khaled et al., 2016; Menadi et al., 2019; Rahal et al., 2018).

Coxiella burnetii has been isolated in more than 40 hard and at least 14 soft tick species, suggesting that these arthropods play a role in the transmission of the bacterium (Eldin et al., 2017). In addition, ticks are considered the natural primary reservoirs of *C. burnetii* as they maintain the infection in domestic animals (Norlander, 2000). Ticks can transmit *C. burnetii* by bite or exposure to infected excreta expelled by ticks onto the skin of the animal host at the time of feeding (Babudieri, 1959; Hartzell et al., 2008; Norlander, 2000; Oyston et al., 2011). Also, most soft and hard ticks transmit *C. burnetii* transstadially and transovarially to their offspring (Babudieri, 1959; Balashov et al., 1973). Thus, it has been suggested that there is an increase in the virulence of *C. burnetii* after passage through ticks (Cutler et al., 2007). *Coxiella burnetii* multiplies in the gut or stomach of ticks, resulting in heavy loads of viable organisms that are excreted with feces, saliva and coxal fluid (Maurin et al., 1999; Norlander, 2000) which in turn play an important role in the spread of *C. burnetii* in the environment (Mediannikov et al., 2010).

The molecular epidemiology of *C. burnetii* from different bioclimatic areas of Algeria has been rarely investigated in animals (particularly from camels) and their infesting ticks (Abdelkadir et al., 2019; Leulmi et al., 2016). Therefore, the aims of this study were detection and genetic characterization of the *C. burnetii* strain occurring in blood and ticks harvested in camels from Algeria.

2. Methods

2.1. Study area

This study was conducted from three provinces (Ouargla, El Oued and Biskra) located at 33°31'41.88" N 4°36'11.05" (Fig. 1). These provinces have been classified as arid areas characterized by long, hot summers and short winters. Camels in these regions are a livestock intended for the production of meat and milk, as well as for transportation of supplies and people. In addition, these provinces are considered one of the most significant camel rearing areas in Algeria with increasingly trade with neighboring countries such as Tunisia.

2.2. Camel sampling

2.2.1. Blood and serum

Between July 2018 to June 2019, twelve camel herds with different size ranged (10 to 70 camels) were selected and randomly sampled. Ages were assigned as: < 1 year, 1–3 years, 4–9 years, 10–15 years, and > 15 years based on dental wear and owner information. Blood samples were collected from 184 camels belonging to the aforementioned three provinces. Whole blood was sampled from jugular vein in tube with ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA) (5 mL each animal) and were stored at -20°C for molecular purposes. Serum was recovered by centrifugation at 3000 rpm for 15 min, transferred into 1.5 mL Eppendorf sterile tubes (Hamburg, Germany) and stored at -20°C until serological assay.

2.2.2. Tick collection and species identification

A total of 184 camels were examined for the presence of ticks on different parts of their bodies (groin, ears, neck, belly, thigh, perineum, and the tail), during all period of investigation. A total of 60 specimens were removed from camels using curved forceps into plastic tubes

numbered containing 70% ethanol. Developmental stage of ticks, sex and species diagnosis was based on the morphological criteria using the standard taxonomical key (Walker et al., 2003). In addition, the identification of *C. burnetii*-positive ticks is confirmed by PCR amplification using tick-specific primers T1B and T2A and sequencing of the partial sequence of the 12S rRNA mitochondrial gene, as described earlier by Beati et al. (2001).

2.3. Determination of Q fever seroprevalence by enzyme-linked immunosorbent assays (ELISA)

An indirect ELISA kit (ID Screen *C. burnetii* Indirect Multi-species Kits "IDvet", France) was used to test the presence of anti-*C. burnetii* antibodies and the results were evaluated according to the manufacturer's recommendations.

Optical Density OD was measured at wavelengths of 450 nm with Biotek 800 Microplates reader (BioTek, USA). Any sample presenting an $\text{OD} \leq 40\%$ were defined as negative. Between $40\% < \text{S/P} \leq 50\%$ were considered borderline cases. An OD between $50\% < \text{S/P} \leq 80\%$ were considered positives cases and upper than 80% was regarded as highly positive. Positive and negative controls (provided by the manufacturer) were used to validate each test plate.

2.4. Molecular detection and genetic characterization of *C. burnetii*

2.4.1. DNA extraction from camel bloods and ticks

Total genomic DNA was extracted from 200 μL of EDTA-preserved whole blood of camels using the DNeasy Blood and Tissue Kit (Qiagen, Hilden, Germany), according to the manufacturer's instructions. Adult ticks DNA was also extracted using the above cited Kit after rinsed with distilled water for 10 min, dried on sterile filter paper and crushed individually in Eppendorf sterile tubes (Hamburg, Germany). DNA was eluted in a final volume of 200 μL for blood and tick's samples and stored at -20°C until use.

2.4.2. PCR assay

Both camel bloods and ticks DNA were initially subjected to real-time quantitative PCR (qPCR) with *Coxiella burnetii*-specific primers and Taqman probes designed to amplify the *IS1111* gene (transposon-like repetitive region) (Mediannikov et al., 2010). PCR was performed using a Smart Cycler II instrument (Cepheid, Sunnyvale, CA, USA). The PCR mixture included a final volume of 20 μL with 10 μL from the Probe 2x Master Mix kit (Eurogentec, Belgium), 0.5 μM from each primer (Eurogentec, Belgium), 0.2 μM of probe (Eurogentec, Belgium), 2 μL distilled water and 5 μL (50–150 ng) of genomic DNA. The real-time quantitative PCR reactions were incubated in the Smart Cycler at 95°C for 15 min, followed by 45 cycles of a two-step amplification protocol of 95°C for 5 s and 60°C for 35 s. Fluorescence was followed during the annealing phase of each cycle, and all samples with a Ct (the cycle number at the threshold level of log-based fluorescence) lower than 35 were considered positive.

A standard PCR (PCRstd) using primer pair Trans-1/Trans-2 amplifying 687 bp of the *IS1111* gene (Parisi et al., 2006) was used to confirm *C. burnetii*-positive results by qPCR. Standard PCR reaction was performed in a final volume of a 25 μL containing 3.5 mM of MgCl_2 , 0.2 mM of each deoxy-ribonucleoside triphosphate (dNTPs) mixture, 1 \times PCR buffer, 1 U of Taq DNA Polymerase (Roche, Germany), 0.2 μM of each primer (Eurogentec, Belgium), and 5 μL of genomic DNA. The PCR reactions were performed in an automated DNA thermal cycler (Biometra TRIO Thermoblock Heat Cycler, Germany) using the following conditions: 95°C for 10 min, followed by 95°C for 30 s, 56°C for 30 s, and 72°C for 1 min for 35 cycles, and a final extension 72°C for 5 min. PCR products were examined by electrophoresis migration in a 1.5% agarose gel stained with ethidium bromide and then visualized with UV light. In both PCR (qPCR and PCRstd), distilled water and positive DNA to *C. burnetii* (Source: human strain, 2012) confirmed by

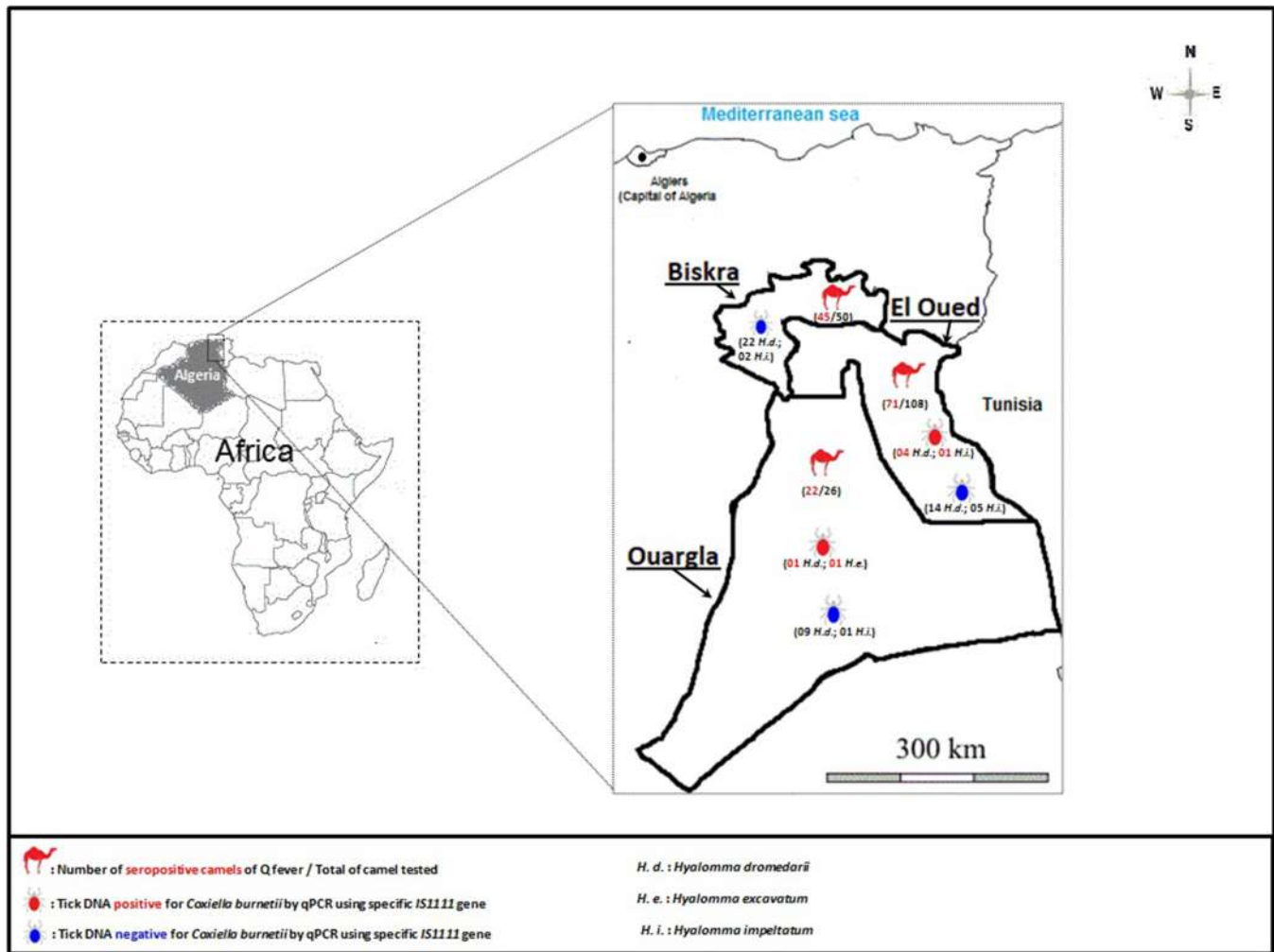


Fig. 1. Distribution of seropositive camels of Q fever and tick positives by qPCR in the three study provinces from Algeria.

IS1111 gene sequencing were used as negative and positive controls, respectively.

2.4.3. Sequencing of the PCRstd products

PCRstd product was purified using QIAquick PCR Purification Kit (QIAGEN, Germany) according to manufacturer's recommendation. Purified PCR products were sequenced in both directions with the same primers used in the PCR amplification. Sequencing reactions were performed in an ABI 3100 Genetic Analyzer automated sequencer (Applied Biosystems, USA) using an ABI PRISM BigDye™ terminator cycle sequencing kits (Applied Biosystems, Foster City, USA).

2.4.4. Phylogenetic analyses and tree construction

The program ChromasPro software (Technelysium PTY, Australia) was used to analyze, assemble and edit the sequences. Multiple sequence alignment was performed using molecular and evolution genetic analysis (MEGA X) software with complete deletion, Tamura-Nei model (nucleotide) of substitution was used automatically (Kumar et al., 2018; Tamura et al., 1993). The Phylogeny reconstruction was performed from the DNA sequences using the maximum composite likelihood (MCL). Statistical support of phylogenetic tree obtained was assessed by bootstrap analysis with 500 replicates.

2.4.5. GenBank accession numbers

The IS1111 partial sequences of *C. burnetii* isolates infecting ticks are submitted and deposited in GenBank.

2.5. Statistical analysis

Pearson's Chi-square test or Fisher's exact test were applied to test for significant associations between potential risk factors and the outcome variable (status of Q fever seropositivity in camels) in a univariate analysis (χ^2 test for significance). All statistical analyses were performed using the statistical software SPSS version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). A 95% confidence interval (CI) was applied for data analysis.

3. Results

3.1. Seroprevalence of *C. burnetii* by enzyme-linked immunosorbent assays (ELISA)

The 184 collected sera were tested for IgG antibodies against *Coxiella burnetii* using ELISA. The seroprevalence of antibodies against *C. burnetii* was (75.54%). Geographic location ($P = 0.045$), age class ($P < 0.001$) and season ($P = 0.011$) positively correlated with increased risk of Q fever infection (Table 1).

Significant difference was noted according to geographic location. The highest prevalence rates in camels were 90% for Biskra compared to 84.6% and 65.7% for Ouargla and El Oued, respectively. According to age category, Q fever seropositivity was higher ($P < 0.001$) in camels > 4 years old (85.5%) than in camels < 1 years (20%). A compelling difference was noted among seasons ($P < 0.001$), and the infection seems to be more prevalent in autumn 92% and winter 70.4%. Finally,

Table 1
Factors associated with animal-level prevalence of antibodies to *Coxiella burnetii* for camel populations of southeastern Algeria.

Factor	Category	N	C. burnetii Positive (%)	P Negative (%)	
Province	Ouargla	26	22 (84.6)	4 (20.7)	0.045
	El-Oued	108	71(65.7)	37 (34.3)	
	Biskra	50	45 (90)	5 (10)	
Sex	Male	10	10 (100)	0 (0)	0.06 *
	Female	174	128 (73.6)	46 (26.4)	
Age class	1 (< 1 year)	15	3 (20)	12 (80)	< 0.001
	2 (1–3years)	37	29 (78.4)	8 (21.6)	
	3 (4–9years)	55	47 (85.5)	8 (14.5)	
	4 (10–15years)	65	51 (78.5)	14 (21.5)	
	5 (~ 15years)	12	8 (66.7)	4 (33.3)	
Season	Autumn	50	46 (92)	4 (8)	0.011
	Winter	98	69 (70.4)	29 (29.6)	
	Spring	9	6 (66.7)	3 (33.3)	
	Summer	27	17 (63)	10 (37)	

N: Number of sampled camels; C. burnetii: *Coxiella burnetii*; (%): percentage; P: prevalence rate; Yr(s): year(s); *: Statistically no significant test.

there was no statistically significant positive correlation between Q fever seroprevalence and the sex of animals as risk factors.

3.2. Molecular detection of *C. burnetii* by qPCR

Among 138 seropositive camels blood sample, no positive DNA sample was confirmed positive by qPCR for *C. burnetii* IS1111 gene. By contrast, this gene was detected in ticks with an overall prevalence rate of 11.66% (7/60), with cycle thresholds $24 \leq Ct \leq 35$.

3.3. Molecular characterization and phylogenetic analysis of *C. burnetii*

All collected ticks were identified morphologically as belonging to 3 species of *Hyalomma* genus. The dominant tick species is *Hyalomma dromedarii* 50/60 (83.33%), followed by *impeltatum* 9/60 (15%) and *H. excavatum* 1/60 (1.67%). *Hyalomma dromedarii* was abundant specifically in two regions (El Oued and Biskra), whereas *H. impeltatum* was found to be ubiquitous in three provinces (Table 2). Of the 60 ticks we tested, five *Hyalomma dromedarii*, one *H. impeltatum* and one *H. excavatum* tick species were positive for *Coxiella burnetii* DNA by qPCR using specific IS1111 gene, with an overall prevalence rate of 11.66%. These tick species belong to Ouargla and El Oued provinces near neighboring Tunisia country frontier (Fig. 2). Molecular analysis using partial sequence of 12S rRNA was performed on three infected tick species and revealed a band of 385 bp in length. The sequences obtained from these amplicons were analyzed using BLAST®. The *H. dromedarii* specimen sequences was 100% similar to that of tick species collected from camels and was recorded in GenBank™ with accession number KT391031. Blast analysis of our *H. impeltatum* sequences revealed genotypes of 97.9 to 98.9% identical to that of *H. impeltatum* (GB n°: KX132904) from Niger. The obtained 12S sequence of *H. excavatum* tick was around 333 bp in length with a similarity of 99.7% when

Table 2
Molecular detection and genetic characterization of *Coxiella burnetii* in ticks.

Isolate	Infected tick species	Geographical location	IS1111 gene qPCR (Ct)	GenBank accession number PCRstd	BLAST analyze (Similarity/accession)
7T1	<i>H. excavatum</i>	Ouargla	29.42	+	In progress 100% <i>C. burnetii</i> /MN094853
28T1	<i>H. dromedarii</i>	Ouargla	32.95	+	In progress 100% <i>C. burnetii</i> /MN094853
31T1	<i>H. dromedarii</i>	El Oued	35.31	-	ND
32T1	<i>H. impeltatum</i>	El Oued	35.58	-	ND
36T1	<i>H. dromedarii</i>	El Oued	25.67	+	In progress 100% <i>C. burnetii</i> /MN094853
48T1	<i>H. dromedarii</i>	El Oued	34.60	-	ND
54T1	<i>H. dromedarii</i>	El Oued	29.58	+	In progress 100% <i>C. burnetii</i> /MN094853

C.: *Coxiella*; H.: *Hyalomma*; ND: not done; PCR: polymerase chain reaction, qPCR: quantitative real time PCR; PCRstd: standard PCR; IS1111 gene: transposon-like repetitive region; MN094853: GenBank accession number of CbIS1111Hd1 genotype found in *Hyalomma dromedarii* from Tunisia.

compared with other recorded *H. excavatum* in GenBank (GB n°: KT391032).

Coxiella burnetii was characterized in 4 of the 6 positive-ticks by qPCR of IS1111 gene. Among the four IS1111 gene amplicons lengthed from 526 to 573 bp, three *C. burnetii* from *H. dromedarii* and one from *H. excavatum* were studied (Table 2). The alignment analysis of the 4 sequences revealed that all the obtained genotypes are identical (GenBank accession numbers: In progress). The Blast analysis shows 100% of similarity with *C. burnetii* “CbIS1111Hd1 genotype” found in *Hyalomma dromedarii* from Tunisia (GenBank accession number MN094853).

Phylogenetic and comparative analysis of the IS1111 nucleotide sequences from the four Algerian isolates with the 23 *C. burnetii* strains, one endosymbiotic *Coxiella* sp. strain and one *Legionella pneumophila* strain added as an out-group included in the GenBank database is shown in Fig 2. The four revealed Algerian strains were clustered with several strains of *C. burnetii* isolated from ticks, human, and cattle located in Tunisia, Greece and in some Mediterranean countries, respectively (Fig. 2).

4. Discussion

In the present survey, the overall seroprevalence was determined to be 75.54% among camels. These results are in agreement to those obtained in the same regions (71.2%) by Benaissa et al. (2017). Other camel serological investigations carried out in some African and Asian countries, including Egypt, Iran, Kenya, Tunisia, Saudi Arabia, Chad and Ethiopia, ranged from 16% to 90% (Browne et al., 2017; Hussein et al., 2008, 2015; Janati et al., 2015; Jarelnabi et al., 2018; Klemmer et al., 2018; Samah et al., 2016; Selmi et al., 2018). Many countries have increased the relevance of camels as farm animals (milk and meat production) because of area aridification which has in turn increased the rates of transmissible *C. burnetii* (Klemmer et al., 2018). The genetic predisposition of camels is another factor that may justify this high seroprevalence (Gumi et al., 2013). Indeed, several studies also showed that camels are more likely to shed the bacteria via secretions and excretions (such as, birth fluids, uterine tissue, vaginal mucus, milk, urine, and feces) due to the production of the antibodies against *C. burnetii* (Horton et al., 2014; Klemmer et al., 2018; Mohammed et al., 2014; Schelling et al., 2003). We found that the camels seroprevalence in Algeria was much higher as compared to livestock Q fever seroprevalence, ranging from 1.67% to 14.1% (Agag et al., 2016; Derdour et al., 2017; Khaled et al., 2016; Menadi et al., 2019; Rahal et al., 2018). As suggested by Schelling et al. (2003), camel breeders are increased odds of exposure when compared to cattle breeders (Schelling et al., 2003). Thus, this may confirmed, in part, that contact with camels was associated with human fever across Africa (Vanderburg et al., 2014).

According to potential risk factors associated with Q fever infection, no significant difference was noted in seroprevalence regardless of sex in our results; this could be attributed to the small number of male camels analyzed. This finding is in contrast to the previous studies conducted in same country by Benaissa et al. (2017) and in the

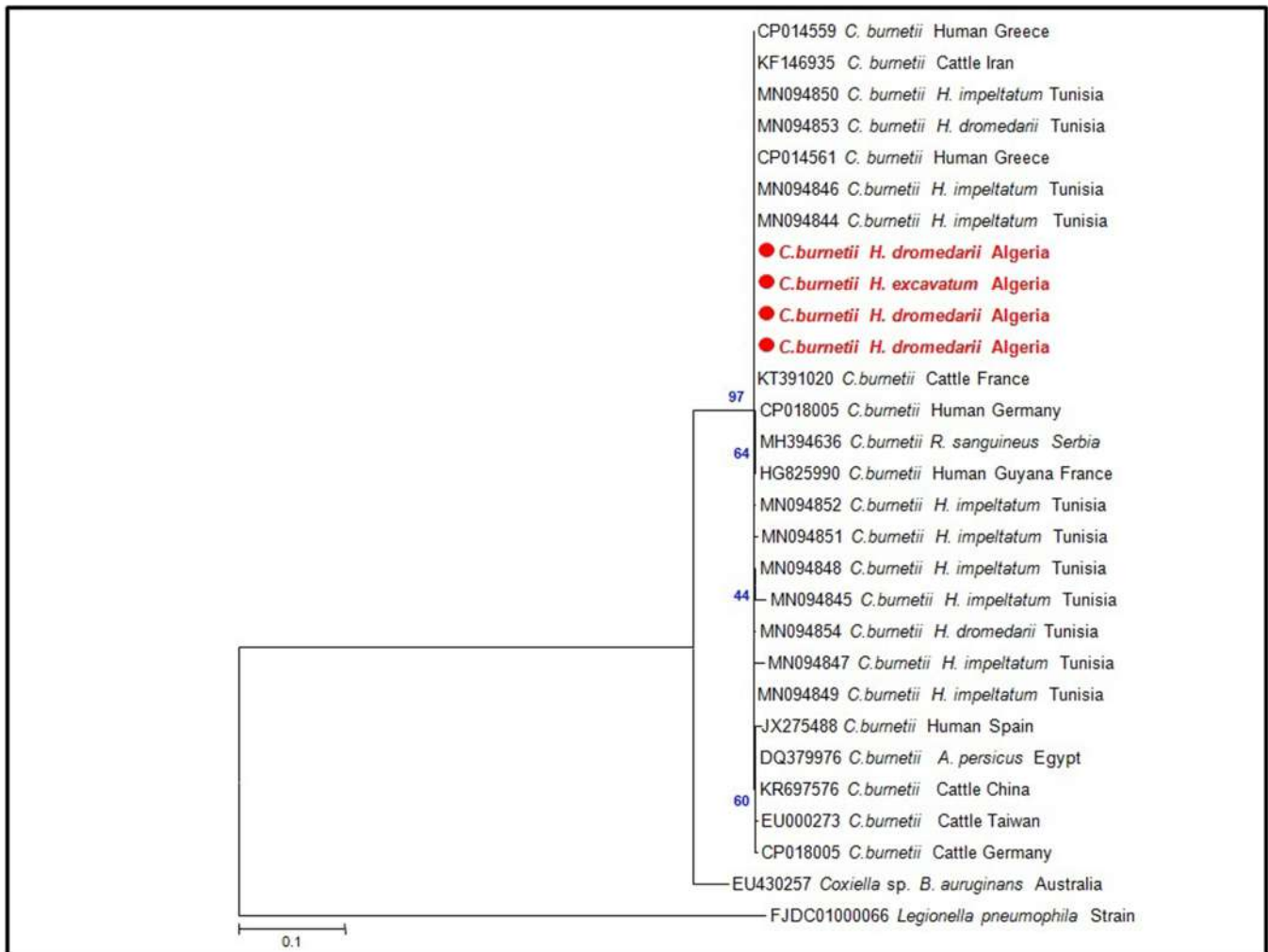


Fig. 2. Phylogenetic tree of *Coxiella burnetii* with *IS1111* partial sequences (522 bp) using the maximum composite likelihood showing the position of revealed sequences isolated from ticks infesting camels from Algeria.

neighboring Tunisia country by Selmi et al. (2018), where a meaningful high seropositivity was particularly observed in female camels with a previous history of abortion (70%). Interestingly, the study also showed that the prevalence of *C. burnetii* in camels was significantly affected by age, with the prevalence in adult camels being more than triple that of juvenile camels (<1 year). Our results are in good agreement with other studies conducted in same country (Benaissa et al., 2017) and also with that conducted in other countries, including Ethiopia, Saudi Arabia, Iran, and Tunisia (Gumi et al., 2013; Hussein et al., 2015; Janati et al., 2015; Selmi et al., 2018). A significant difference in the seroprevalence of *C. burnetii* in camels was observed between different localities in our study. This result was in contrast with that of Benaissa et al. (2017) in same provinces. This may be explained by the fact that camels of some localities in our study have neither been commercialized nor in pastures movement, and high densities of camel herds in farms increased exposure to the pathogen. However, the seroprevalence of Q fever was observed throughout the year with a peak noted in autumn and winter. Our findings are in agreement with those reported in Tunisia (Selmi et al., 2018). Several studies have been observed that the Q fever incidence is variable through the year with seasonal patterns. Thus, the increased antibodies anti-*C. burnetii* may be related to the rainy season and wind just after the lambing season such as human cases of Q fever observed in the Netherlands, France and Australia (Eldin et al., 2017; Harris et al., 2013; Tissot-Dupont et al., 1999). This can be explained by a high level of contamination and exposure to the pathogen in the period of reproduction and parturition

of animals (Maurin et al., 1999; Selmi et al., 2018).

Coxiella burnetii DNA was not detected by qPCR in camel's blood sample in our study. In Tunisia, *C. burnetii* DNA was not also detected in any camel blood sample, and they suggested that this was probably due to the low load of bacteria in animal blood. However, the prevalence of our result and that of Tunisia is in contrast with those of Egypt, Iran and Saudi Arabia, with the prevalence rates estimated at 46%, 15.9% and 10.76 to 15.85%, respectively (Abdullah et al., 2018; Doosti et al., 2019; Hussein et al., 2015; Mohammed et al., 2014). The molecular analysis of camel samples in the present study was not designed for comparison with serological results but to investigate the role of camel blood as shelter and excretion pathway of *C. burnetii*. The PCR analysis of *C. burnetii* in different excreta from camels showed that camel can lead to shedding this microorganism through different ways including, milk (6.5%), urine (23.8%), feces (27.6%) (Hussein et al., 2015; Mohammed et al., 2014) and uterine tissue (36%) (Khalafalla et al., 2017); these various excretion pathways are important sources of human infection, better than blood, with transient and low level of bacteremia especially in chronic stage of infection (Guatteo et al., 2006).

PCR and sequencing were used to achieve the second step related to the examination based on *IS1111* and 12S rRNA genes for genetic characterization of the *C. burnetii* strain and the camel ticks infected, respectively. Thus, three *Hyalomma* (Acari: Ixodidae) species were identified with a similarity of 97–100% with that previously recorded in GenBank (GB), including *Hyalomma dromedarii* (Koch, 1844),

Hyalomma impeltatum (Schulze & Schlottke, 1930) and *Hyalomma excavatum* (Koch, 1844). The most common ixodid ticks infesting camels in Algeria are *Hyalomma* species, especially *H. dromedarii* and *H. impeltatum*, and at less degree the *H. excavatum* (Bouhous et al., 2008; Walker et al., 2003). The camel tick *H. dromedarii*, is the most dominant tick species in the camel and is considered as the primary host of the adult stage (Apanaskevich et al., 2008). Though in arid conditions this tick species could facilitate the transmission of *C. burnetii* among dromedary herds (Gharbi et al., 2013). The ticks *H. impeltatum* and *H. excavatum*, have a wide range of animal hosts and can spread the disease from animal host to another through farm animals (Abdullah et al., 2018; Gharbi et al., 2013; Walker et al., 2003). In Egypt, PCR complemented with sequencing and phylogenetic analysis targeting IS30A spacer have reported prevalence rate of 5.3% for *C. burnetii* in *H. dromedarii* (Abdullah et al., 2018). In Tunisia, they reported *C. burnetii* DNA in *H. impeltatum* (5.7%) and *H. dromedarii* (1.9%) ticks using IS1111 and *hspB* genes, although removed from *C. burnetii* negative camels (Selmi et al., 2019). In our study, based on IS1111 gene (Fig 2), all our obtained sequences revealed 100% identity to pathogenic *C. burnetii* strains isolated from *H. impeltatum* and *H. dromedarii* in Tunisia (Selmi et al., 2019), from human in Greece (Kuley et al., 2017), from cattle in France and in Iran (Jamshidi et al., 2013; Sidi-Boumedine et al., 2015).

These findings provide that *C. burnetii* strain found in *H. dromedarii* and *H. excavatum* ticks infesting camels are probably zoonotic and pathogenic in these regions, especially in Saharan areas. In addition, these *Hyalomma* species have been also reported as capable of transmitting other pathogens to humans and animals, including the *Rickettsia* spp. (bacteria) (Kernif et al., 2012), the *Theileria* spp. (protozoa) (Dib et al., 2008; Walker et al., 2003) and Crimean-Congo Hemorrhagic Virus "CCHV" (Walker et al., 2003). Otherwise, other studies were performed in order to identify *C. burnetii* in arthropods from wild and domestic animals in Algeria; where they reported the presence of *C. burnetii* by qPCR in *Ixodes vespertilionis* ticks from bats (Leulmi et al., 2016) and in ticks *H. excavatum* and *Rhipicephalus bursa* removed from livestock (Abdelkadir et al., 2019).

In conclusion, serological and molecular analyses indicated that both camels and ticks could be a significant source of Q fever infection among camels, other cohabiting animals and humans. Further studies should be carried out to evaluate human and animal infection in Algeria, especially in arid and Saharan areas where an improvement of vector control strategies needs to be implemented.

CRediT authorship contribution statement

Meriem Bellabidi: Investigation, Methodology, Formal analysis, Resources, Validation, Writing - original draft, Writing - review & editing. **Mohammed Hocine Benaissa:** Investigation, Methodology, Formal analysis, Resources, Validation, Writing - original draft, Writing - review & editing. **Samia Bissati-Bouafia:** Writing - original draft. **Zoubir Harrat:** Resources, Writing - original draft. **Karima Brahm:** Conceptualization, Resources, Writing - original draft. **Tahar Kernif:** Conceptualization, Resources, Investigation, Methodology, Supervision, Validation, Writing - original draft, Writing - review & editing.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgments

We would like to thank Dr. Felix Mba Medie for English correction, Division of Infectious Diseases, Department of Medicine, Duke University School of Medicine, Durham, North Carolina, United States of America.

References

- Abdelkadir, K., Palomar, A.M., Portillo, A., Oteo, J.A., Ait-Oudhia, K., Khelef, D., 2019. Presence of *Rickettsia aeschlimannii*, 'Candidatus *Rickettsia barbariae*' and *Coxiella burnetii* in ticks from livestock in northwestern Algeria. *Ticks Tick-borne Dis.* 10, 924–928. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.04.018>.
- Abdullah, H.H.A.M., El-Shanawany, E.E., Abdel-Shafy, S., Abou-Zeina, H.A.A., Abdel-Rahman, E.H., 2018. Molecular and immunological characterization of *Hyalomma dromedarii* and *Hyalomma excavatum* (Acari: Ixodidae) vectors of Q fever in camels. *Vet. World* 11, 1109–1119. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.1109-1119>.
- Agag, S., Kaidi, R., Khelef, D., 2016. Seroprevalence of Q fever in cows in Bejaia area (Algeria). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* 69, 155–159. <https://doi.org/10.19182/remvt.31200>.
- Anderson, A., Bijlmer, H., Fournier, P.E., Graves, S., Hartzell, J., Kersh, G.J., Limonard, G., Marrie, T.J., Massung, R.F., McQuiston, J.H., Nicholson, W.L., Paddock, C.D., Sexton, D.J., 2013. Diagnosis and management of Q fever—United States, 2013: recommendations from CDC and the Q fever working group. *MMWR Recomm. Rep.* 62, 1–30. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23535757-diagnosis-and-management-of-q-fever-united-states-2013-recommendations-from-cdc-and-the-q-fever-working-group/>.
- Apanaskevich, D.A., Schuster, A.L., Horak, I.G., 2008. The genus *Hyalomma*: VII. Redescription of all parasitic stages of *H. (Euhyalomma) dromedarii* and *H. (E.) schulzei* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 45, 817–831. [https://doi.org/10.1603/0022-2585\(2008\)45\[817:tghvro\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0022-2585(2008)45[817:tghvro]2.0.co;2).
- Babudieri, B., 1959. Q fever: a zoonosis. *Adv. Vet. Sci.* 5, 81–181. https://scholar.google.com/scholar_lookup?journal=Adv+Vet+Sci&title=Q+fever:+a+zoonosis&author=B+Babudieri&volume=5+&publication_year=1959&pages=81-181&
- Balashov, Y., Daiter, S., B., A., 1973. Bloodsucking arthropods and rickettsiae. *Sci. Leningr* 251. https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=Balashov%2C+Y.+S.+and+Daiter%2C+A.+B.%2C+1973.+Bloodsucking+arthropods+and+rickettsiae.+Sci+Leningr+251.&btnG=
- Beati, L., Keirans, J.E., 2001. Analysis of the systematic relationships among ticks of the genera *Rhipicephalus* and *Boophilus* (Acari: Ixodidae) based on mitochondrial 12S ribosomal DNA gene sequences and morphological characters. *J. Parasitol.* 87, 32–48. [https://doi.org/10.1645/0022-3395.\(2001\)087\[0032:AOTSRA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395.(2001)087[0032:AOTSRA]2.0.CO;2).
- Benaissa, M.H., Ansel, S., Mohamed-Cherif, A., Benfodil, K., Khelef, D., Youns, C.R., Kaidi, R., Ait-Oudhia, K., 2017. Seroprevalence and risk factors for *Coxiella burnetii*, the causative agent of Q fever in the dromedary camel (*Camelus dromedarius*) population in Algeria. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 84, e1–e7. <https://doi.org/10.4102/ojvr.v84i1.1461>. 1461 [pii].
- Bielawska-Drozdz, A., Cieslik, P., Mirski, T., Bartoszczke, M., Knap, J.P., Gawel, J., Zakowska, D., 2013. Q fever—selected issues. *Ann. Agric. Environ. Med.* 20, 222–232. <http://www.aem.pl/Q-fever-selected-issues7191702.html>.
- Bouhous, A., Aissi, M., Harhoura, K.H., 2008. Study of Ixodidae on camels in southwest Algeria, Adrar region [in French]. *Ann. Méd. Vét.* 152, 52–58. http://www.zooparaz.net/scientia/2011_12_04/sp2011-197-201-bouhous.pdf.
- Browne, A.S., Fevre, E.M., Kinnaird, M., Muloi, D.M., Wang, C.A., Larsen, P.S., O'Brien, T., Deem, S.L., 2017. Serosurvey of *Coxiella burnetii* (Q fever) in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) in Laikipia county, Kenya. *Zoonoses. Public Health* 64, 543–549. <https://doi.org/10.1111/zph.12337>.
- Cutler, S.J., Bouzid, M., Cutler, R.R., 2007. Q fever. *J. Infect.* 54, 313–318. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2006.10.048> [doi]. S0163-4453(06)00378-1 [pii].
- Derdour, S.Y., Hafsi, F., Azzag, N., Tennah, S., Laamari, A., China, B., Ghalmi, F., 2017. Prevalence of the main infectious causes of abortion in dairy cattle in Algeria. *J. Vet. Res.* 61, 337–343. <https://doi.org/10.1515/jvetres-2017-0044>.
- Dib, L., Bitam, I., Tahri, M., Bensouilah, M., De, M.T., 2008. Competitive exclusion between piroplasmiasis and anaplasmosis agents within cattle. *PLoS Pathog.* 4, e7. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.0040007>.
- Doosti, A., Arshi, A., Sadeghi, M., 2019. Investigation of *Coxiella burnetii* in Iranian camels. *Comput. Clin. Path.* 23, 43–46. <https://doi.org/10.1007/s00580-012-1567-6>.
- Eldin, C., Melenotte, C., Mediannikov, O., Ghigo, E., Million, M., Edouard, S., Mege, J.L., Maurin, M., Raoult, D., 2017. From Q fever to *Coxiella burnetii* infection: a paradigm change. *Clin. Microbiol. Rev.* 30, 115–190. <https://doi.org/10.1128/CMR.00045-16>.
- Gharbi, M., Moussi, N., Jedidi, M., Mhadhbi, M., Sassi, L., Darghouth, M.A., 2013. Population dynamics of ticks infesting the one-humped camel (*Camelus dromedarius*) in central Tunisia. *Ticks Tick-borne Dis.* 4, 488–491. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2013.06.004>.
- Guatteo, R., Beaudreau, F., Berri, M., Rodolakis, A., Joly, A., Seegers, H., 2006. Shedding routes of *Coxiella burnetii* in dairy cows: implications for detection and control. *Vet. Res.* 37, 827–833. <https://doi.org/10.1051/vetres:2006038>.
- Gumi, B., Firdessa, R., Yamaah, L., Sori, T., Tolosa, T., Aseffa, A., Zinsstag, J., Schelling, E., 2013. Seroprevalence of brucellosis and Q-Fever in southeast Ethiopian pastoral livestock. *J. Vet. Sci. Med. Diagn.* 2. <https://doi.org/10.4172/2325-9590.1000109>.
- Harris, P., Eales, K.M., Squires, R., Govan, B., Norton, R., 2013. Acute Q fever in northern Queensland: variation in incidence related to rainfall and geographical location. *Epidemiol. Infect.* 141, 1034–1038. <https://doi.org/10.1017/S0950268812001495>.
- Hartzell, J.D., Wood-Morris, R.N., Martinez, L.J., Trotta, R.F., 2008. Q fever: epidemiology, diagnosis, and treatment. *Mayo Clin. Proc.* 83, 574–579. <https://doi.org/10.4065/83.5.574>.
- Horton, K.C., Wasfy, M., Samaha, H., Abdel-Rahman, B., Safwat, S., Abdel, F.M., Mohareb, E., Dueger, E., 2014. Serosurvey for zoonotic viral and bacterial pathogens among slaughtered livestock in Egypt. *Vector. Borne. Zoonotic Dis.* 14, 633–639. <https://doi.org/10.1089/vbz.2013.1525>.
- Hussein, M.F., Alshaiikh, M., Gad El-Rab, M.O., Aljumaah, R.S., Gar el Nabi, A.R., Abdel Bagi, A.M., 2008. Serological prevalence of Q fever and chlamydia in camels in

- Saudi Arabia. *J. Anim. Vet. Adv.* 7, 685–688. <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/javaa/2008/685-688.pdf>.
- Hussein, M.F., Alshaikh, M.A., Al-Jumaah, R.S., Garelnabi, A., Al-Khalifa, I., Mohammed, O.B., 2015. The Arabian camel (*Camelus dromedarius*) as a major reservoir of Q fever in Saudi Arabia. *Comput. Clin. Pathol.* 24, 887–892. https://www.researchgate.net/publication/282680305_The_Arabian_camel_Camelus_dromedarius_as_a_major_reservoir_of_Q_fever_in_Saudi_Arabia.
- Jamshidi, A., Khanzadi, S., Razmyar, J., Borji, S., 2013. The presence of *Coxiella burnetii* in bulk tank milk samples of dairy herds in Mashhad using PCR assay.
- Janati, P.H., Mohammadi, G., Mehrzad, J., Azizzadeh, M., Nazem Shirazi, M.H., 2015. Seroprevalence of Q fever in one-humped camel population in northeast Iran. *Trop. Anim. Health Prod.* 47, 1293–1298. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0862-z>.
- Jarelnabi, A.A., Alshaikh, M.A., Bakhiet, A.O., Omer, S.A., Aljumaah, R.S., Harkiss, G.D., Mohammed, O.B., Hussein, M.F., 2018. Seroprevalence of Q fever in farm animals in Saudi Arabia. *Biomed. Res.* 29, 895–900. <https://www.alliedacademies.org/articles/seroprevalence-of-q-fever-in-farm-animals-in-saudi-arabia-9824.html>.
- Kernif, T., Socolovschi, C., Bitam, I., Raoult, D., Parola, P., 2012. Vector-borne rickettsioses in North Africa. *Infect. Dis. Clin North Am.* 26, 455–478. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2012.03.007>.
- Khalafalla, A.I., Al Eknah, M.M., Abdelaziz, M., Ghoneim, I.M., 2017. A study on some reproductive disorders in dromedary camel herds in Saudi Arabia with special references to uterine infections and abortion. *Trop. Anim. Health Prod.* 49, 967–974. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1284-x>.
- Khaled, H., Sidi-Boumedine, K., Merdja, S., Dufour, P., Dahmani, A., Thiery, R., Rousset, E., Bouyoucef, A., 2016. Serological and molecular evidence of q fever among small ruminant flocks in Algeria. *Comput. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 47, 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2016.05.002>. [doi].
- Klemmer, J., Njeru, J., Emam, A., El-Sayed, A., Moawad, A.A., Henning, K., Elbeskawy, M.A., Sauter-Louis, C., Straubinger, R.K., Neubauer, H., El-Diasty, M.M., 2018. Q fever in Egypt: epidemiological survey of *Coxiella burnetii* specific antibodies in cattle, buffaloes, sheep, goats and camels. *PLoS ONE* 13, e0192188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192188>.
- Kuley, R., Kuijt, E., Smits, M.A., Roest, H.I.J., Smith, H.E., Bossers, A., 2017. Genome plasticity and polymorphisms in critical genes correlate with increased virulence of Dutch outbreak-related *Coxiella burnetii* strains. *Front. Microbiol.* 8, 1526. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01526>.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Nknyaz, C., Tamura, K., 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol. Biol. Evol.* 35, 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>.
- Leulmi, H., Aouadi, A., Bitam, I., Bessas, A., Benakhla, A., Raoult, D., Parola, P., 2016. Detection of *Bartonella tamiæ*, *Coxiella burnetii* and rickettsiae in arthropods and tissues from wild and domestic animals in northeastern Algeria. *Parasit. Vect.* 9, 27. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1316-9>.
- Maurin, M., Raoult, D., 1999. Q fever. *Clin Microbiol. Rev.* 12, 518–553. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC88923/pdf/cm000518.pdf>.
- Mediannikov, O., Fenollar, F., Socolovschi, C., Diatta, G., Bassene, H., Molez, J.F., Sokhna, C., Trape, J.F., Raoult, D., 2010. *Coxiella burnetii* in humans and ticks in rural Senegal. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 4, e654. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000654>.
- Menadi, S.E., Mura, A., Santucci, C., Ghalmi, F., Hafsi, F., Masala, G., 2019. Seroprevalence and risk factors of *Coxiella burnetii* infection in cattle in northeast Algeria. *Trop. Anim. Health Prod.* <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02083-x>.
- Mohammed, O.B., Jarelnabi, A.A., Aljumaah, R.S., Alshaikh, M.A., Bakhiet, A.O., Omer, S.O., Alagailia, A.N., Hussein, M.F., 2014. *Coxiella burnetii*, the causative agent of Q fever in Saudi Arabia: molecular detection from camel and other domestic livestock. *Asian Pac. J. Trop. Med.* 7, 715–719. <https://core.ac.uk/download/pdf/81195560.pdf>.
- Norlander, L., 2000. Q fever epidemiology and pathogenesis. *Microb. Infect.* 2, 417–424. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1286457900003257?via%3DIihub>.
- Oyston, P.C., Davies, C., 2011. Q fever: the neglected biothreat agent. *J. Med. Microbiol.* 60, 9–21. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.024778-0>.
- Parisi, A., Fracalvieri, R., Cafiero, M., Miccolupo, A., Padalino, I., Montagna, C., Capuano, F., Sottili, R., 2006. Diagnosis of *Coxiella burnetii*-related abortion in Italian domestic ruminants using single-tube nested PCR. *Vet. Microbiol.* 118, 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.06.023>.
- Rahal, M., Tahir, D., Eldin, C., Bitam, I., Raoult, D., Parola, P., 2018. Genotyping of *Coxiella burnetii* detected in placental tissues from aborted dairy cattle in the north of Algeria. *Comp Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 57, 50–54. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2018.06.001>.
- Samah, A.F., Ibrahim, E.M., ElJakee, J., 2016. Molecular and serological studies on *Coxiella burnetii* in camels at Marsa Matrouh governorate in Egypt. *J. Anim. Sci.* 12, 77–82. <https://www.globalscienceresearchjournals.org/gjvmr/050920169754>.
- Schelling, E., Diguimbaye, C., Daoud, S., Nicolet, J., Boerlin, P., Tanner, M., Zinsstag, J., 2003. Brucellosis and Q-fever seroprevalences of nomadic pastoralists and their livestock in CHAD. *Prev. Vet. Med.* 61, 279–293. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167587703002174?via%3DIihub>.
- Selmi, R., Ben, S.M., Mamlouk, A., Ben, Y.H., Messadi, L., 2019. Molecular detection and genetic characterization of the potentially pathogenic *Coxiella burnetii* and the endosymbiotic candidate *Midichloria mitochondrii* in ticks infesting camels (*Camelus dromedarius*) from Tunisia. *Microb. Pathog.* 136, 103655. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103655>.
- Selmi, R., Mamlouk, A., Ben, Y.H., Abdelaali, H., Ben, S.M., Sellami, K., Daaloul-Jedidi, M., Jemli, M.H., Messadi, L., 2018. *Coxiella burnetii* in Tunisian dromedary camels (*Camelus dromedarius*): seroprevalence, associated risk factors and seasonal dynamics. *Acta Trop.* 188, 234–239. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.09.008>.
- Sidi-Boumedine, K., Duquesne, V., Prigent, M., Yang, E., Joulie, A., Thiery, R., Rousset, E., 2015. Impact of *IS1111* insertion on the MLVA genotyping of *Coxiella burnetii*. *Microb. Infect.* 17, 789–794. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2015.08.009>.
- Tamura, K., Nei, M., 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Mol. Biol. Evol.* 10, 512–526. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040023>.
- Tissot-Dupont, H., Torres, S., Nezri, M., Raoult, D., 1999. Hyperendemic focus of Q fever related to sheep and wind. *Am. J. Epidemiol.* 150, 67–74. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009920>.
- Vanderburg, S., Rubach, M.P., Halliday, J.E., Cleaveland, S., Reddy, E.A., Crump, J.A., 2014. Epidemiology of *Coxiella burnetii* infection in Africa: a onehealth systematic review. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 8, e2787. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002787>.
- Walker, A.R., Bouattour, A., Camicas, J.-L., Estrada Pena, A., Horak, I.G., Latif, A.A., Pegram, R.G., Preston, P.M., 2003. Ticks of domestic animals in Africa: a guide to identification of species. In: *Proceedings of the International Consortium on Ticks and Tick Borne Diseases*. Edinburgh ed.
- Zhu, S., Zimmerman, D., Deem, S.L., 2019. A review of zoonotic pathogens of dromedary camels. *Ecohealth* 16, 356–377. <https://doi.org/10.1007/s10393-019-01413-7>.