



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun De Tiaret

Institut des Sciences Vétérinaires

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3^{ème} cycle

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Vétérinaires

Spécialité : Parasitologie vétérinaire

Thème

Etude des tiques (Ixodidae) et des piroplasmoses bovines dans
la région de Tiaret

Présenté par : M. ACHOUR HAMZA

Soutenu le : 14/06/2025

Jury	Grade	Université
Présidente: SMAIL Fadhéla	MCA	Université de Tiaret
Directrice de thèse : KOUIDRI Mokhtaria	Professeur	Université de Tiaret
Co- Directeur de thèse : SELLES Sidi Mohammed Ammar	Professeur	Université de Tiaret
Examineur: LAFRI Ismail	Professeur	Université de Blida 1
Examineur: AIT AMRANE Ammar	MCA	Université de Tiaret
Examineur: MOHAMED CHERIF Abdellah	MCA	Université de Tissemsilt

Année universitaire : 2024-2025

Remerciements

À ma directrice de thèse, Pr. KOUIDRI Mokhtaria,

Je vous adresse mes sincères remerciements pour votre disponibilité, votre patience et votre accompagnement bienveillant tout au long de ce travail. Votre optimisme, vos qualités pédagogiques et scientifiques ont été pour moi une véritable source d'inspiration. J'ai beaucoup appris à vos côtés et si c'était à refaire, je referais ce parcours sans hésitation.

À mon co-directeur de thèse, Pr. SELLES Sidi Mohammed Ammar,

Je vous exprime ma profonde gratitude pour vos conseils avisés et votre soutien constant. Votre rigueur scientifique, votre disponibilité et vos encouragements ont été essentiels à l'aboutissement de cette étude. Votre bienveillance et votre engagement ont été pour moi une source précieuse de motivation et d'inspiration.

Au Dr. SMAIL Fadhéla, présidente du jury,

Je vous remercie chaleureusement d'avoir accepté de présider cette soutenance. Votre présence est un grand honneur et une source de fierté. Votre expertise et bienveillance ont apporté une valeur précieuse à mon travail, et je vous en suis profondément reconnaissant. Vos remarques éclairées et pertinentes enrichiront assurément cette recherche.

Aux Pr. LAFRI Ismail, Dr. AIT AMRANE Ammar et Dr. MOHAMMED CHERIF Abdellah,

Je vous remercie sincèrement pour le temps et l'effort que vous avez consacrés à l'évaluation de mon travail. Vos analyses approfondies, vos remarques pertinentes et vos suggestions constructives ont grandement contribué à l'amélioration de cette thèse. Je suis profondément reconnaissant pour votre rigueur scientifique, votre expertise et votre engagement, qui ont permis d'enrichir cette recherche et d'en affiner les résultats. Votre soutien a été d'une grande importance pour l'aboutissement de ce travail.

Au Pr. BENALOU Bouabdellah, directeur de l'Institut des Sciences Vétérinaires de Tiaret,

Je vous adresse ma reconnaissance pour votre soutien constant et votre engagement envers les doctorants. Votre dévouement et vos encouragements ont été d'une aide précieuse tout au long de ce parcours.

Au Pr. ZIDANE Khaled, responsable du Laboratoire de Reproduction des Animaux de la Ferme,

Je tiens à vous exprimer ma gratitude pour votre précieux appui et vos contributions enrichissantes à cette étude. Votre soutien et votre expertise ont été essentiels à l'avancement de ce travail.

Au Pr. BOUATTOUR Ali et son équipe (M. RHIM Adel, Pr. M'GHIRBI Youmna et M. AOUNI Ahmed) du laboratoire Virus, Vecteurs et Hôtes One Health de l'Institut Pasteur de Tunis,

Je vous remercie vivement pour votre collaboration et votre aide dans l'identification des tiques. Votre expertise a été d'une importance capitale pour l'avancement de cette étude.

Aux vétérinaires ayant contribué à la réussite de ce travail,

Je vous remercie pour votre engagement et votre précieuse assistance. Une mention particulière à **M. DJIRA Hamid** et **M. MERDJA Mohamed** pour leur soutien inestimable, qui ont grandement facilité l'avancement de cette étude.

Au Dr. BIA Taha et M. DAHOU Mohammed,

Une mention spéciale pour votre aide inestimable et votre soutien indéfectible. Votre engagement sur le terrain et au laboratoire a été essentiel à la réussite de cette étude.

À tous les enseignants de l'Institut des Sciences Vétérinaires de l'Université de Tiaret,

Je vous exprime toute ma gratitude pour votre accompagnement et vos précieuses contributions. Votre soutien et votre expertise ont joué un rôle fondamental dans l'aboutissement de ce travail.

Dédicaces

À ALLAH, le Tout-Puissant,

Pour Sa guidance, Sa lumière infinie et la force qu'Il m'a donnée pour franchir chaque étape de ce parcours. C'est grâce à Sa bienveillance que j'ai pu surmonter les obstacles et atteindre ce moment décisif.

À mes parents,

Pour leur amour incommensurable, leur soutien sans limite et leurs sacrifices constants. Vous avez été mes premières inspirations et mon moteur tout au long de ce voyage. Votre foi en moi a été la source de ma persévérance et votre patience m'a permis d'aller de l'avant malgré les difficultés. Cette thèse est autant la vôtre que la mienne.

À mes amis,

Pour leur amitié sincère, leur présence réconfortante et leurs encouragements précieux. Vous m'avez permis de garder mon équilibre dans les moments de doute et d'incertitude. Votre soutien moral et vos conseils m'ont été d'une aide inestimable.

À mes enseignants et mentors,

Pour leur inspiration constante, leur expertise et leur dévouement. Grâce à leurs enseignements, j'ai pu approfondir mes connaissances et développer mon esprit critique. Leur soutien académique et leur guidance ont été des éléments clés dans la réalisation de ce travail.

À mes collaborateurs,

Pour leur soutien professionnel, leur patience et leur engagement à chaque étape de la recherche. Leur contribution a enrichi ce projet et permis de le mener à bien.

À vous tous qui avez contribué à cette thèse,

Je vous la dédie avec une immense gratitude et une reconnaissance éternelle. Chacun d'entre vous a apporté sa pierre à l'édifice, que ce soit par un mot de soutien, un geste bienveillant ou un encouragement constant. Votre présence et votre aide ont été précieuses tout au long de ce parcours.

TABLE DES MATIERES

Table des Matières	Page
Liste des Abréviations.....	11
Liste des Annexes.....	12
Liste des Figures.....	13
Liste des Tableaux.....	16
Résumé.....	17
Introduction.....	21

PREMIÈRE PARTIE: ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : TIQUES DURES (IXODIDAE) DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE

A. CLASSIFICATION SYSTÉMATIQUE DES TIQUES IXODIDAE.....	26
B. MORPHOLOGIE GÉNÉRALE DES IXODIDAE.....	27
C. BIO-ÉCOLOGIE DES TIQUES.....	31
1. Cycle biologique des Ixodidae.....	31
2. Différents types de cycles.....	32
3. Préférences trophiques (spécificité d'hôte)	33
4. Recherche d'hôtes et repas sanguin.....	34
5. Mode de vie des tiques	34
D. DIVERSITÉ ET DISTRIBUTION DES PRINCIPALES ESPÈCES DE TIQUES	35
1. Région du Moyen-Orient et l'Afrique du Nord « MENA »	35
2. En Algérie	36
E. RÔLES PATHOGÈNES	37
1. Pouvoir pathogène direct	37
1.1. Spoliation sanguine.....	37
1.2. Effets inflammatoires et dommages liés à la piqûre.....	37
2. Pouvoir pathogène indirect.....	37
F. IMPACTS DES VARIATIONS CLIMATIQUES SUR LES TIQUES	39
1. Impacts directs	39
1.1. Impact sur la mortalité.....	39

1.2. Impact sur l'activité	40
1.3. Impact sur le développement entre les stades (inter-stadial)	40
2. Impacts indirects.....	40
G. STRATÉGIE DE LUTTE CONTRE LES TIQUES CHEZ LES BOVINS	41
1. Contrôle chimique	41
2. Lutte écologique	42
3. Autres moyens de lutte	42
H. MESURES PRÉVENTIVES CONTRE LES TIQUES	43
CHAPITRE II : LES PIROPLASMOSES BOVINES (BABÉSIOSE ET THEILÉRIOSE TROPICALE)	
A. BABESIOSE BOVINE (<i>Babesia bovis</i> et <i>Babesia bigemina</i>)	45
1. Définition	45
2. Historique.....	45
3. Tiques victrices.....	45
4. Distribution géographique.....	46
5. Biologie du parasite.....	47
5.1. Étiologie et morphologie.....	47
5.2. Cycle de reproduction.....	48
6. Transmission.....	49
7. Épidémiologie de la babésiose bovine.....	49
7.1. Age.....	49
7.2. Race.....	50
7.3. Statut immunitaire.....	50
7.4. Virulence de l'espèces de <i>Babesia</i>	50
7.5. Facteurs de stress.....	51
8. Signes cliniques et lésions.....	51
9. Diagnostic.....	52
10. Pronostic et conséquences.....	53
11. Traitement.....	53
12. Prévention et contrôle.....	54
B. THEILÉRIOSE TROPICALE (<i>Theileria annulata</i>).....	56

1. Définition	56
2. Historique.....	56
3. Tiques vectrices.....	56
4. Distribution géographique.....	58
5. Biologie du parasite.....	59
5.1. Étiologie et morphologie.....	59
5.2. Cycle de reproduction.....	59
5.2.1. Chez la tique.....	59
5.2.2. Chez le bovin.....	59
6. Épidémiologie de la maladie.....	61
6.1. Épidémiologie descriptive.....	61
6.2. Épidémiologie analytique.....	61
6.2.1. Mode de transmission.....	61
6.2.2. Sources du parasite.....	61
6.2.3. Réceptivité.....	62
6.2.4. Facteurs favorisants.....	62
6.2.4.1. Mode d'élevage.....	62
6.2.4.2. État de l'étable.....	63
6.2.4.3. Age.....	63
6.2.4.4. Conditions climatiques.....	64
6.3. Épidémiologie synthétique.....	64
6.3.1. Stabilité endémique.....	64
6.3.2. Instabilité endémique.....	65
7. Symptômes cliniques.....	65
7.1. Forme suraiguë.....	66
7.2. Forme aiguë.....	66
7.3. Forme atténuée.....	68
8. Lésions nécropsiques.....	68
9. Diagnostic.....	69
9.1. Diagnostic épidémioclinique.....	70

9.2. Diagnostic différentiel.....	71
9.3. Diagnostic de laboratoire.....	73
9.3.1. Techniques de diagnostic.....	73
9.3.1.1. Étalement de sang coloré au Giemsa.....	73
9.3.1.2. L'étalement de nœud lymphatique coloré au Giemsa.....	74
9.3.2.1. La réaction de polymérisation en chaîne (PCR).....	75
9.3.2.2. Reverse Line Blot (RLB).....	75
9.3.2.3. L'immunofluorescence indirecte (IFI).....	76
9.3.2.4. L'Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA).....	76
10. Traitement de la theilériose tropicale (<i>T. annulata</i>).....	76
10.1. Traitement théiléricide.....	76
10.2. Traitement symptomatique.....	77
11. Prévention de la theilériose tropicale.....	78
11.1. Contrôle des vecteurs.....	78
11.2. Vaccination contre <i>T. annulata</i>	78

DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE I : L'INFESTATION PAR LES TIQUES IXODIDAE (TIQUES DURES) CHEZ LES BOVINS

A. OBJECTIFS.....	81
B. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	82
1. Régions d'étude.....	82
2. Animaux étudiés.....	83
3. Collecte des tiques.....	84
4. Identification des tiques.....	86
5. Indicateurs parasitologiques.....	88
6. Analyses statistiques.....	90
C. RÉSULTATS.....	91
1. Indicateurs parasitologiques globaux de l'infestation par les tiques.....	91
2. Espèces de tiques colletées.....	92
3. L'indice de discordance (<i>D</i>).....	93

4. Répartition des espèces de tiques Ixodidés dans diverses communes.....	93
5. Répartition saisonnière des espèces adultes de tiques.....	95
6. Sites de fixation préférentiels des tiques Ixodidés adultes sur les bovins.....	96
D. DISCUSSION.....	99
1. Prévalence globale de l'infestation par les tiques.....	99
2. Espèces de tiques.....	100
3. Indice de discordance des tiques (<i>D</i>).....	100
4. Abondance des espèces de tiques dans différentes communes.....	101
5. Espèces de tiques et leur variation saisonnière.....	102
6. Sites préférentiels d'attachement des tiques Ixodidae.....	106
CHAPITRE II : ÉTUDE DE L'ÉPIDÉMIOLOGIE DES PATHOGÈNES TRANSMIS PAR LES TIQUES CHEZ LES BOVINS (LES PIROPLASMOSES BOVINES)	
A. OBJECTIFS.....	108
B. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	109
1. Région d'études.....	109
2. Animaux d'étude.....	110
3. Échantillonnage	111
4. Techniques du laboratoire.....	112
4.1. Réalisation des frottis sanguins.....	112
4.1.1. Préparation des frottis.....	112
4.1.2. Coloration des frottis sanguins (technique de May-Grünwald-Giemsa).....	113
4.2. Examen microscopique.....	114
4.3. Identification des piroplasmés.....	116
5. Paramètres parasitologiques.....	118
5. Analyses statistiques.....	118
C. RÉSULTATS.....	119
1. Prévalence des infections hémoparasitaires.....	119
2. Infections uniques et co-infections.....	120
3. Évaluation des facteurs de risque.....	123
3.1. Influence de l'âge.....	123
3.2. Influence du sexe.....	123

3.3. Influence de la race.....	124
3.4. Influence de la saison.....	124
D. DISCUSSION.....	126
1. Prévalence des infections à piroplasmes (<i>Babesia</i> spp. et <i>Theileria</i> spp.).....	126
2. Infections uniques et co-infections.....	127
3. Facteurs de risques.....	132
3.1. Âge.....	132
3.2. Sexe.....	133
3.3. Race.....	134
3.4. Saison.....	134
CONCLUSION.....	136
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	139
ANNEXES.....	164

LISTE DES ABREVIATIONS

μL : Microlitre

A : *Anaplasma*

ADN : Acide désoxyribonucléique

ARNr : Acide ribonucléique ribosomique

B : *Babesia*

CCHFV : *Crimean–Congo Hemorrhagic Fever Virus*

cm : Centimètre

E : Est

EDTA : Acide éthylène diamine tétraacétique

ELISA : *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*

H : *Hyalomma*

IC : Intervalle de confiance

IFAT : *Indirect Fluorescent Antibody Test*

IFI : Immunofluorescence indirecte

km² : Kilomètre carré

mg/kg : Milligramme par kilogramme

MGG : *May-Grünwald-Giemsa*

mL : Millilitre

mm : Millimètre

MENA : Middle East and North Africa

N : Nord

n : Nombre

nPCR : Test d'amplification en chaîne par polymérase nichée

OIE : Office International des Épizooties

PCR : Réaction de polymérisation en chaîne

PCV : *Packed Cell Volume*

pH : Potentiel hydrogène

RLB : *Reverse Line Blot*

S : Sud

spp. : *species plurimae* (plusieurs espèces)

T : *Theileria*

Tams-1 : *Theileria annulata merozoite antigen*

TaSP : *Theileria annulata Surface Protein*

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Fiche de suivi des animaux – infestation par les tiques dures.

Annexe 2. Répartition des différentes espèces de tiques ixodidés collectées dans diverses communes de la wilaya de Tiaret entre mai 2022 et mai 2023.

Annexe 3. Photographie de quelques espèces de tiques dures collectées.

Annexe 4. Morphologie des formes érythrocytaires de *T. annulata* (D'après Sergent et al., 1945).

Annexe 5. Éléments à différencier avec *T. annulata* lors de l'examen d'un étalement de sang coloré au Giemsa (D'après Gharbi et al., 2012).

Annexe 6. Photographie de quelques hémoparasites observés au microscope optique (Grossissement ×1000) après coloration au MGG.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Systématique des tiques dures et des tiques molles (Boulanger et McCoy, 2017).....	26
Figure 2. Différents stades de développement d' <i>Ixodes ricinus</i> (famille d'Ixodidae) : une femelle à l'extrémité gauche, un mâle en dessous, deux nymphes au centre, trois stades larvaires au coin supérieur droit (Saari et al., 2018).....	28
Figure 3. Pièces buccales d'une tique de la famille des Ixodidae, illustrées d'après Wall et Shearer (2001).....	29
Figure 4. Schéma de la morphologie générale d'une tique de la famille des Ixodidae (McCoy et Boulanger, 2015).....	29
Figure 5. Quelques différences morphologiques dans les principaux genres de tiques dures (Saari et al., 2018).....	30
Figure 6. Cycle de développement des Ixodidae (Production personnelle).....	31
Figure 7. Tiques Ixodidae en accouplement (<i>Ixodes ricinus</i>) (INRAE, 2020).....	32
Figure 8. Présentation de cycle triphasique d'une tique de la famille des Ixodidae (d'après Apanaskevich et Oliver, 2014 ; Drouin, 2018).	33
Figure 9. Données de distribution de l'ensemble des espèces de tiques dures « Ixodidae » en Algérie : les données de la littérature (1922-2022) sont représentées par des cercles noirs et les données originales par des cercles blancs (Mechouk et al., 2022).....	36
Figure 10. Principal vecteur de la babésiose bovine en Afrique du Nord : <i>Rhipicephalus (Boophilus) annulatus</i>	46
Figure 11. Distribution géographique des tiques vectrices de la babésiose bovine. Le schéma ne montre que la distribution des tiques du genre <i>Rhipicephalus (Boophilus) spp.</i> , qui transmettent les espèces bovines les plus importantes sur le plan économique, <i>B. bigemina</i> et <i>B. bovis</i> (Gray et al., 2019).....	46
Figure 12. Hématies colorées au Giemsa contenant des inclusions intra-érythrocytaires du genre <i>Babesia</i> (flèches pointées). (A) <i>B. bigemina</i> , (B). <i>B. bovis</i> (Almazán et al., 2022).....	47
Figure 13. Cycle de reproduction de la babésiose bovine à <i>B. bovis</i> (Hakimi et Verocai, 2023).	48
Figure 14. Signes cliniques de la babésiose chez une vache infectée présentant une muqueuse vaginale ictérique (A) et des urines rouge foncé à brunes (B) (Hashem et al., 2018).....	51
Figure 15. Lésions post-mortem de la babésiose bovine causée par <i>B. bigemina</i> . Vessie urinaire hypertrophiée contenant une urine de couleur foncée (A), dégénérescence des reins (B), œdème pulmonaire (C), foie ictérique (D) (Ceylan et al., 2021).....	52

Figure 16. Principal vecteur de <i>Theileria annulata</i> en Afrique du Nord : <i>H. scupense</i> (Photo prélevée par Grech-Angelini et al., 2016).	57
Figure 17. Distribution géographique des tiques vectrices de <i>T. annulata</i> (Liu et al., 2022).	58
Figure 18. Cycle de vie de <i>T. annulata</i> . Le parasite <i>Theileria</i> suit un cycle de vie en deux phases. La première se déroule chez la tique, tandis que la seconde se développe chez le bovin après qu'une tique vectrice, porteuse des parasites dans ses glandes salivaires, ait mordu l'animal. Les parasites inoculés infectent alors les lymphocytes, les monocytes ou les macrophages de l'hôte bovin. (http://www.ilri.org/InfoServ/Webpub/fulldocs/Ilrad90/Theile.htm).	60
Figure 19. Élevage de bovins croisés dans une situation d'enzootie stable pour la theilériose tropicale bovine. Remarquez l'état des murs, un bon indicateur de la présence de <i>H. scupense</i> (Gharbi et al., 2014).	63
Figure 20. Certains symptômes cliniques de la theilériose tropicale : hypertrophie des ganglions lymphatiques pré-cruraux (A), pétéchies hémorragiques sur la muqueuse conjonctivale (B) (Sevinc et Xuan, 2015).	66
Figure 21. Ulcères (flèche noire) observés dans la caillette chez un bovin infecté expérimentalement par <i>T. annulata</i> (D'après Gharbi et al., 2012).	67
Figure 22. Piropasmes de <i>T. annulata</i> observés dans les érythrocytes d'une vache.	73
Figure 23. Globules blancs mononucléés d'une vache infectée par le stade schizonte du protozoaire <i>T. annulata</i> (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Theileria-annulata-schizonts-cattle.jpg).	74
Figure 24. Localisation géographique des sites d'échantillonnage dans la wilaya de Tiaret, nord-ouest de l'Algérie.	82
Figure 25. Fermes visitées au cours de la présente étude.	83
Figure 26. Examen des bovins pour évaluer l'infestation par les tiques dures.	84
Figure 27. Répartition des sites de fixation préférentiels des tiques chez les bovins. 1 = (tête, oreilles) ; 2 = (cou, poitrine et fanon) ; 3 = (surface dorsale du corps) ; 4 = (thorax et flanc) ; 5 = (sternum, abdomen, mamelle, scrotum et faces internes des membres postérieurs) ; 6 = (périnée, incluant les zones situées entre l'anus et les organes génitaux) ; 7 = (membres et sabots).	85
Figure 28. Identification individuelle des tiques, ici un mâle <i>R. bursa</i> , vue dorsale.	86
Figure 29. Principales caractéristiques anatomiques et termes utilisés pour décrire la morphologie des tiques adultes dures (d'après Walker et al., 2003).	87
Figure 30. Répartition des espèces de tiques par commune dans la wilaya de Tiaret.	94
Figure 31. Variation saisonnière de l'abondance des espèces de tiques Ixodidés collectées au cours de l'étude.	96

Figure 32. Répartition des espèces de tiques Ixodidés selon les régions corporelles des bovins.	97
Figure 33. Cartographie de la wilaya de Tiaret présentant les communes étudiées et les sites de prélèvement des échantillons.....	109
Figure 34. Prélèvement sanguin réalisé sur un bovin au niveau de la veine jugulaire.....	111
Figure 35. Observation des frottis sanguins au microscope optique (grossissement 1000x).....	114
Figure 36. Illustration de l'évolution de la lecture d'un frottis sanguin (Romdhane, 2019).	115
Figure 37. Étalement de sang d'une vache, prélevé sur tube EDTA, montrant différentes cellules sanguines (coloration Giemsa, observation au microscope optique avec immersion dans l'huile, grossissement x 1000).	115
Figure 38. Différentes morphologies des formes leucocytaires et érythrocytaires des <i>Theileriidae</i> chez les bovins : dessin A (Morel, 1981). 1. Sporozoïte libre, 2. Trophozoïte dans un monocyte/lymphocyte, 3. Trophozoïte en division, 4. Macroschizonte à noyau moyen, 5. Macromérozoïte, 6. Microschizonte à petits noyaux, 7. Micromérozoïte ; A. Trophozoïte punctiforme, B. Trophozoïte ramassé, C. Trophozoïte allongé à chromatine globuleuse, D. Trophozoïte allongé à chromatine ovoïde, V. Trophozoïte avec voile (<i>Theileria buffeli</i>).....	116
Figure 39. Représentation schématique de <i>B. bigemina</i> (A) et <i>B. bovis</i> (B) dans les érythrocytes (Morel, 1981).	117
Figure 40. <i>A. marginale</i> (flèche noire) observé dans des frottis sanguins colorés au Giemsa d'une vache. Grossissement 1000×.....	117
Figure 41. Distribution des infections hémoparasitaires chez les bovins selon les communes étudiées.....	119
Figure 42. Histogrammes représentant la prévalence des infections hémoparasitaires uniques.	121
Figure 43. Histogrammes illustrant la prévalence des co-infections hémoparasitaires.	122

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Principales pathologies transmises par les tiques (Boulanger et McCoy, 2017).	38
Tableau II. Espèces de tiques reconnues comme vecteurs de <i>T. annulata</i> dans les huit pays africains où la théilériose tropicale est endémique (d'après Gharbi et al., 2020).....	57
Tableau III. Classification des lésions observées dans la theilériose tropicale selon leur taux de fréquence (D'après Gharbi et al., 2012).....	69
Tableau IV. Facteurs de risque de la theilériose tropicale des bovins (D'après Gharbi et al., 2012).	70
Tableau V. Diagnostic différentiel entre la théilériose, les babésioses et l'anaplasrose (D'après Lefèvre et al., 2010).	72
Tableau VI. Résumé des communes étudiées et du nombre de bovins examinés.....	84
Tableau VII. Caractéristiques morphologiques distinctives des différents genres de tiques dures (Salman et Tarrés-Call, 2013).	89
Tableau VIII. Distribution et abondance des tiques ixodidés récoltées chez les bovins des quatre communes de la wilaya de Tiaret.	91
Tableau IX. Paramètres parasitologiques des tiques Ixodidés chez les bovins étudiés.	92
Tableau X. Nombre total et prévalence des espèces de tiques Ixodidés collectées dans différentes communes entre mai 2022 et mai 2023.....	92
Tableau XI. Indice de discordance global et saisonnier (<i>D</i>) des espèces de tiques Ixodidés collectées sur les bovins.	93
Tableau XII. Répartition des espèces de tiques en fonction des communes et des saisons.	95
Tableau XIII. Répartition des espèces de tiques selon les zones d'attachement préférentielles chez les bovins.....	98
Tableau XIV. Répartition des différentes fermes et des prélèvements sanguins réalisés dans les communes de la wilaya de Tiaret.	110
Tableau XV. Répartition des cas positifs d'infections hémoparasitaires selon les communes de la wilaya de Tiaret.....	120
Tableau XVI. Prévalence des co-infections bovines par les pathogènes des groupes <i>Theileria</i> spp., <i>Babesia</i> spp. et <i>Anaplasma</i> spp.	122
Tableau XVII: Facteurs de risques associés aux infections uniques et aux co-infections détectées par examen microscopique dans différentes communes de la wilaya de Tiaret.	125

ABSTRACT

Ixodid ticks and bovine piroplasmosis represent a major economic concern for livestock farming in Algeria. This study, conducted in the province of Tiaret between May 2022 and August 2024, focuses on Ixodid tick infestations and piroplasm infections in cattle. The aim is to identify adult Ixodid ticks parasitising cattle, evaluate key parasitological parameters, and examine their seasonal distribution as well as their preferred attachment sites. The study also aims to detect *Babesia* spp. and *Theileria* spp. infections through microscopic examination of Giemsa-stained blood smears, while analysing the associated risk factors. In the first part of the study, the identification of ticks collected from cattle revealed an overall infestation prevalence of 34.07% (108/317), affecting more than a third of the animals. A total of 1,752 adult ticks were collected and identified, distributed across three genera: *Hyalomma* (91.72%), *Rhipicephalus* (8.22%), and *Dermacentor* (0.06%). *H. excavatum* was the predominant species (43.78%). The discordance index (*D*) revealed strong seasonal variation in tick aggregation. Highly significant variations in distribution across municipalities were observed for *H. excavatum*, *H. marginatum*, *H. lusitanicum*, *H. scupense*, *H. impeltatum*, *R. bursa*, and *R. (Boophilus) annulatus* ($p < 0.001$). The abundance of adult Ixodid ticks peaked in summer (38.01%) and was at its lowest in autumn (17.29%). Significant seasonal variations were noted for *H. excavatum*, *H. marginatum*, *H. lusitanicum*, and *R. bursa* ($p < 0.001$). Zone 5, which includes the sternum, abdomen, udder, scrotum, and the inner sides of the hind limbs, showed the highest infestation rate (95.43%), whereas Zone 1, corresponding to the head and ears, recorded a minimal infestation of only 0.06%. In the second part of the study, microscopic examination revealed an overall infection prevalence of 30.41% (45/148), including both single infections and co-infections. Single infections accounted for 33.3% of cases, with *A. marginale* (26.7%), *B. bovis* (2.2%), and *T. annulata* (4.4%). Co-infections were the majority (66.67%), with the main associations being *A. marginale* / *B. bovis* (22.2%), *B. bovis* / *T. annulata* (15.6%), and *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* (17.8%). The prevalence of haemoparasites was higher in cattle over 3 years old (32.14%), with a notable presence of co-infections. The prevalence was also greater in females (28.21%). Crossbred cattle showed the highest infection rates, particularly for *A. marginale* (37.5%), while local cattle appeared more resistant. Moreover, infection rates increased during the warmer season, with *A. marginale* detected in 19.23% of animals, confirming the influence of climatic conditions on the transmission of haemoparasites. This study highlights a high prevalence of Ixodid ticks and piroplasmosis infections in cattle in the Tiaret region, with distribution influenced by seasonal and individual factors. The study recommends the adoption of an integrated preventive strategy based on the use of effective acaricides, the improvement of pasture management practices, and the regular monitoring of infections, with the aim of mitigating the health and economic impacts of these parasites.

Keywords: Ixodid Ticks, Bovine piroplasmosis, Prevalence, Infestation, Infection.

RESUMÉ

Les tiques Ixodidés et les piroplasmoses bovines représentent un enjeu économique majeur pour l'élevage en Algérie. La présente étude, réalisée dans la wilaya de Tiaret entre mai 2022 et août 2024, s'intéresse à l'infestation par les tiques Ixodidés ainsi qu'aux infections à piroplasmes chez les bovins. Elle vise à identifier les tiques Ixodidés adultes parasitant les bovins, à évaluer les principaux paramètres parasitologiques, et à étudier leur répartition saisonnière ainsi que leurs sites de fixation préférentiels. L'étude cherche également à détecter les infections à *Babesia* spp. et *Theileria* spp. par un examen microscopique de frottis sanguins colorés au MGG, tout en analysant les facteurs de risque associés. Dans la première partie de cette étude, l'identification des tiques collectées sur les bovins a révélé une prévalence totale d'infestation de 34,07 % (108/317), affectant plus d'un tiers des animaux. Au total, 1 752 tiques adultes ont été collectées et identifiées, réparties en trois genres : *Hyalomma* (91,72 %), *Rhipicephalus* (8,22 %) et *Dermacentor* (0,06 %). *H. excavatum* était l'espèce prédominante (43,78 %). L'indice de discordance (*D*) a révélé une forte hétérogénéité saisonnière dans l'agrégation des tiques. Une variation hautement significative dans la répartition communale a été observée pour *H. excavatum*, *H. marginatum*, *H. lusitanicum*, *H. scupense*, *H. impeltatum*, *R. bursa* et *R. (Boophilus) annulatus* ($p < 0,001$). L'abondance des tiques Ixodidés adultes a atteint son pic en été (38,01 %) et son niveau le plus bas en automne (17,29 %). Des variations saisonnières hautement significatives ont été observées pour *H. excavatum*, *H. marginatum*, *H. lusitanicum* et *R. bursa* ($p < 0,001$). La zone 5, englobant le sternum, l'abdomen, la mamelle, le scrotum et les faces internes des membres postérieurs, a concentré la majorité des infestations (95,43 %), tandis que la zone 1 (tête et oreilles) a enregistré une infestation minimale de seulement 0,06 %. Dans la seconde partie de l'étude, l'examen microscopique a révélé une prévalence globale d'infection de 30,41 % (45/148), incluant des infections uniques et des co-infections. Les infections uniques représentaient 33,3 % des cas, avec *A. marginale* (26,7 %), *B. bovis* (2,2 %) et *T. annulata* (4,4 %). Les co-infections étaient majoritaires (66,67 %), les principales associations étant *A. marginale* / *B. bovis* (22,2 %), *B. bovis* / *T. annulata* (15,6 %) et *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* (17,8 %). La prévalence des hémoparasites était plus élevée chez les bovins de plus de 3 ans (32,14 %), avec une forte présence de co-infections. Elle était également plus marquée chez les femelles (28,21 %). Les bovins croisés présentaient les taux d'infection les plus élevés, notamment pour *A. marginale* (37,5 %), tandis que les bovins locaux semblaient plus résistants. Par ailleurs, les taux d'infection augmentaient en saison chaude, avec *A. marginale* détecté chez 19,23 % des animaux, confirmant l'influence des conditions climatiques sur la transmission des hémoparasites. Ces résultats mettent en évidence une large distribution des tiques Ixodidés et des hémoparasites transmis par ces vecteurs chez les bovins dans la région de Tiaret, avec une association marquée aux facteurs climatiques, géographiques ainsi qu'aux caractéristiques individuelles des animaux. L'étude recommande l'adoption d'une stratégie préventive intégrée, reposant sur l'utilisation d'acaricides efficaces, l'amélioration des pratiques de gestion des pâturages, ainsi qu'un suivi régulier des infections, en vue de limiter les impacts sanitaires et économiques de ces parasites.

Mots clés : Tiques Ixodidés, Piroplasmoses bovines, Prévalence, Infestation, Infection.

ملخص

يشكل القراد الصلب (Ixodidae) وداء البيروبلازما البقرية تحديًا اقتصاديًا بالغ الأهمية لقطاع تربية الماشية في الجزائر. تهدف هذه الدراسة، التي أجريت في ولاية تيارت خلال الفترة الممتدة من ماي 2022 إلى أوت 2024، إلى تقييم حالات الإصابة بالقراديات الصلبة والعدوى بداء البيروبلازما لدى الأبقار. وهي تهدف كذلك إلى تحديد الأنواع البالغة من القراديات الصلبة المتطفلة على الأبقار، وتقييم المعايير الطفيلية الرئيسية، بالإضافة إلى دراسة توزيعها الموسمي ومواقع التثبيت التفضيلية على جسم الحيوان. وتسعى الدراسة أيضًا إلى الكشف عن الإصابات بأنواع *Babesia* (بايبزيا) و *Theileria* (ثيليريا) من خلال الفحص المجهرى لمسحات دموية مصبوغة بطريقة ماي-جرينو-دجيمسا (MGG)، مع تحليل عوامل الخطر المصاحبة.

في الجزء الأول من هذه الدراسة، أسفر التعرف على أنواع القراد التي جُمعت من الأبقار عن معدل انتشار إجمالي للإصابة بلغ 34.07% (108 من أصل 317 رأسًا)، مما يشير إلى إصابة أكثر من ثلث الحيوانات. تم جمع وتحديد ما مجموعه 1,752 قرادة بالغة، تنتمي إلى ثلاثة أجناس رئيسية: *Hyalomma* (91.72%)، *Rhipicephalus* (8.22%)، و *Derma-centor* (0.06%) وقد كانت *Hyalomma excavatum* النوع الأكثر انتشارًا بنسبة 43.78%. أظهر مؤشر التباين (*D*) وجود تباين موسمي واضح في نمط تجمع القراديات. كما سُجلت فروقات ذات دلالة إحصائية عالية جدًا في التوزيع حسب البلديات بالنسبة للأنواع: *H. marginatum*، *H. excavatum*، *H. lusitanicum*، *H. marginatum*، *R. bursa*، *H. impeltatum*، *scupense* و *R. bursa* ($p < 0.001$) و *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus*. بلغت وفرة القراديات الصلبة البالغة ذروتها خلال فصل الصيف (38.01%)، بينما سُجل أدنى مستوى لها في فصل الخريف (17.29%). وقد تم تسجيل فروقات موسمية ذات دلالة إحصائية عالية بالنسبة للأنواع: *H. marginatum*، *H. excavatum*، *H. lusitanicum*، و *R. bursa* ($p < 0.001$). بلغت أعلى نسبة إصابة في المنطقة 5، التي تضم عظم القص، البطن، الضرع، الصفن، والأسطح الداخلية للأطراف الخلفية، حيث سجلت نسبة 95.43%، في حين سُجلت أدنى نسبة إصابة في المنطقة 1، التي تشمل الرأس والأذنين، بنسبة 0.06% فقط.

في الجزء الثاني من الدراسة، كشف الفحص المجهرى عن نسبة انتشار إجمالية للعدوى بلغت 30.41% (45 من أصل 148 عينة)، وشملت كلاً من الإصابات المفردة والعدوى المختلطة. مثلت الإصابات المفردة نسبة 33.3% من الحالات، وكانت على الشكل التالي *Anaplasma marginale* بنسبة 26.7%، *Babesia bovis* بنسبة 2.2%، و *Theileria annulata* بنسبة 4.4%. أما العدوى المختلطة فقد شكّلت النسبة الأكبر (66.67%)، وكانت أهم التشاركيات المسجلة: *A. marginale / B. bovis* (22.2%)، *B. bovis / T. annulata* (15.6%)، و *A. marginale / B. bovis / T. annulata* (17.8%). سُجلت أعلى نسب انتشار لطفيليات الدم (البيروبلازما) لدى الأبقار التي يتجاوز عمرها 3 سنوات (32.14%)، مع هيمنة واضحة للعدوى المختلطة، كما كانت الإناث أكثر إصابة بنسبة بلغت 28.21%. أظهرت النتائج أن الأبقار المهجنة سُجلت أعلى نسب العدوى، لا سيما بالنسبة لـ *A. marginale* (37.5%)، في حين بدت الأبقار المحلية أكثر مقاومة نسبيًا. من جهة أخرى، لوحظت زيادة في معدلات العدوى خلال موسم الصيف، حيث تم الكشف عن *A. marginale* لدى 19.23% من الحيوانات، مما يؤكد تأثير الظروف المناخية على انتقال الطفيليات الدموية.

تُبرز هذه النتائج الانتشار الواسع للقراد الصلب (Ixodidae) والطفيليات الدموية التي تنقلها لدى الأبقار في منطقة تيارت، مع ارتباط واضح بعوامل مناخية وجغرافية، بالإضافة إلى الخصائص الفردية للحيوانات. وتوصي الدراسة باعتماد استراتيجيات وقائية متكاملة تركز على استخدام المبيدات القرادية الفعّالة، وتحسين ممارسات إدارة المراعي، إلى جانب المتابعة المنتظمة للإصابات، وذلك بهدف الحد من التأثيرات الصحية والاقتصادية لهذه الطفيليات.

الكلمات المفتاحية: القراد الصلب (Ixodidae)، داء البيروبلازما البقرية، معدل الانتشار، شدة الإصابة، العدوى الطفيلية.

Introduction

INTRODUCTION

Les tiques sont des arthropodes hémaphysogènes obligatoires, se nourrissant de sang pendant une partie de leur cycle de vie. Elles présentent une répartition mondiale, des zones les plus chaudes jusqu'aux régions les plus froides du monde (Boulanger et McCoy, 2017). Après les moustiques, les tiques sont considérées comme les vecteurs les plus importants d'agents pathogènes (Estrada-Peña et al., 2008). À l'échelle mondiale, on dénombre environ 900 espèces de tiques : plus de 700 appartiennent à la famille des Ixodidae, près de 200 à celle des Argasidae, tandis que la famille des Nuttalliellidae ne comprend qu'une seule espèce (Guglielmone et al., 2014). En Afrique, les tiques les plus abondantes chez les animaux appartiennent aux genres *Amblyomma*, *Rhipicephalus*, *Hyalomma*, *Ixodes*, *Haemaphysalis* ainsi que *Dermacentor* (Guglielmone et al., 2010).

Les tiques jouent un rôle important en santé humaine et animale eu égard à leur impact médical et économique (Jongejan et Uilenberg, 2004). En plus de leur rôle pathogène direct (spoliation de sang, lésions cutanées), elles peuvent inoculer des molécules hémolytiques, anticoagulantes, voire parfois toxiques, et peuvent également intervenir comme vecteurs de nombreux agents pathogènes (virus, bactéries et protozoaires) responsables d'infections potentiellement graves chez l'homme et chez plusieurs espèces animales (Jongejan et Uilenberg, 2004). Elles représentent de ce fait un frein au développement et à l'amélioration de la production des élevages dans plusieurs régions du monde, notamment dans les pays africains. Les pertes annuelles totales en production bovine dues aux maladies transmises par les tiques en Tanzanie ont été estimées à 364 millions de dollars américains (Kivaria, 2006). Par ailleurs, une étude menée sur le cheptel du parc national de Lake Mburo, situé dans le sud-ouest de l'Ouganda, a estimé le coût économique annuel lié à l'abondance des tiques et aux maladies qu'elles transmettent à 308 144 dollars américains (Ocaido et al., 2009).

L'Algérie, un vaste pays d'Afrique du Nord s'étendant sur 2 381 741 km², se caractérise par un gradient climatique allant d'un climat humide au nord à un climat saharien au sud. Cette diversité climatique conduit à une répartition hétérogène de la faune ixodienne, dont la distribution, aussi bien sur le plan qualitatif (espèces présentes) que quantitatif (dynamique d'activité), est largement influencée par des facteurs abiotiques tels que l'humidité et l'hygrométrie, ainsi que des facteurs biotiques, notamment la couverture végétale et la présence d'hôtes. Le cheptel bovin en Algérie, est fortement affecté par les pathogènes transmis par les tiques, une problématique reconnue depuis plus de 75 ans par Sergent et al. (1945). La connaissance de la répartition des tiques dans une région est donc essentielle pour une meilleure compréhension de l'épidémiologie des maladies qu'elles transmettent. Elle permet ainsi de développer des stratégies de lutte plus adaptées, aussi bien contre ces vecteurs que contre les pathologies qu'elles transmettent (Matallah et al., 2013).

INTRODUCTION

Parmi les maladies transmises par les tiques, les piroplasmoses, au sens large (*sensu lato*), regroupent des affections causées par des protozoaires des genres *Theileria* spp. et *Babesia* spp., tandis que les anaplasmoses sont dues à des infections par des rickettsies intra-érythrocytaires du genre *Anaplasma* spp. (Camus et Uilenberg, 2010). Les piroplasmoses bovines, comprenant la babésiose et la théilériose tropicale bovine, figurent parmi les principales maladies vectorielles affectant le bétail, en particulier dans les régions tropicales et subtropicales, où elles entraînent des pertes économiques considérables dues à la morbidité, à la mortalité et à la baisse de productivité du cheptel (Uilenberg, 1995).

Dans les zones endémiques, la theilériose tropicale (*T. annulata*) se manifeste principalement au printemps et en été, en raison de la dynamique saisonnière et de la répartition géographique de son principal vecteur, *H. scupense* (Darghouth et al., 1996). Cette espèce de tique est largement répandue en Afrique du Nord, notamment en Algérie, au Maroc, en Tunisie, en Libye, en Égypte et au Soudan (Walker et al., 2003). De manière similaire, la babésiose bovine est une maladie saisonnière dont l'apparition sur le terrain est étroitement liée aux périodes d'activité de ses tiques vectrices (Gray et al., 2019). *A. marginale* est l'agent étiologique principal de l'anaplasmose bovine (Kocan et de la Fuente, 2003), une maladie largement répandue dans le bassin méditerranéen (Ben Said et al., 2018). Sa transmission implique plusieurs espèces de tiques, notamment *Boophilus* spp., *Ixodes ricinus*, *Rhipicephalus* spp., *Dermacentor* spp. et *Hyalomma* spp. (Aubry et Geale, 2011). Par ailleurs, d'autres vecteurs, tels que certains insectes hématophages, ainsi que des transmissions iatrogènes, peuvent également jouer un rôle dans sa propagation.

En Algérie, la théilériose tropicale est la maladie vectorielle la plus répandue chez les bovins, avec une prévalence estimée à 57,2 %, suivie de l'anaplasmose (*A. marginale*) à 6,2 % et de la babésiose à 3,8 % (Ziam et al., 2016). Les piroplasmoses et l'anaplasmose bovine entraînent des pertes économiques considérables, caractérisées par une réduction significative de la production laitière, un retard de croissance, des coûts thérapeutiques élevés, une augmentation du taux d'avortement et une mortalité accrue (Rahali et al., 2014 ; Gharbi et al., 2011). Malgré la présence d'un réseau vétérinaire bien implanté sur le terrain et la disponibilité, depuis plusieurs décennies, de traitements efficaces contre les tiques et *T. annulata*, la theilériose tropicale demeure la principale maladie estivale dans les régions endémiques d'Algérie (Foughali et al., 2021).

Dans les études épidémiologiques sur la piroplasmose et l'anaplasmose, la réaction de polymérisation en chaîne (PCR) et les tests sérologiques sont des outils diagnostiques de référence, offrant une sensibilité et une spécificité élevées. Cependant, la PCR ne permet pas de distinguer

INTRODUCTION

les animaux porteurs asymptomatiques des individus cliniquement atteints, tandis que la sérologie peut rester négative en phase précoce de l'infection, limitant ainsi leur valeur diagnostique pour la confirmation des cas cliniques (Aït-Hamou et al., 2012 ; Bilgic et al., 2016 ; Ziam et al., 2015). Le diagnostic repose donc sur une approche combinée intégrant des paramètres épidémiologiques (période d'activité des tiques vectrices, type de système d'élevage, conditions sanitaires des infrastructures, notamment la présence de fissures et de crevasses favorisant l'infestation par *H. scupense* dans le cas de la theilériose tropicale) et l'examen clinique des animaux. La confirmation repose sur l'identification des formes parasitaires dans les frottis sanguins ou ganglionnaires colorés au Giemsa (Ziam et al., 2017). Toutefois, l'accès limité aux laboratoires vétérinaires spécialisés et le manque d'équipements adaptés constituent des obstacles majeurs entravant le diagnostic précis et la prise en charge efficace de ces infections hémoparasitaires.

Dans la wilaya de Tiaret, seulement deux études ont été réalisées sur la faune ixodidienne des bovins : l'une menée par Boukabout (2003) et l'autre par Kouidri et al. (2018). Ces travaux se sont principalement concentrés sur l'identification morphologique des tiques ixodidiennes, sans prendre en compte les agents pathogènes potentiellement transmis par ces dernières. En outre, ces études, bien que précieuses, restent limitées et majoritairement anciennes, ce qui souligne l'impératif de conduire des recherches récentes sur l'écologie des tiques et leur rôle épidémiologique dans la transmission des hémoparasitoses bovines.

Notre étude expérimentale, menée dans la wilaya de Tiaret, s'articule autour de deux axes principaux. Le premier axe consiste à identifier les espèces adultes de tiques ixodidés parasitant les bovins, à déterminer les principaux paramètres parasitologiques, notamment la prévalence, l'intensité, l'abondance ainsi que l'indice d'agrégation (ou indice de discordance), et à examiner leur répartition saisonnière ainsi que leurs sites de fixation préférentiels sur les bovins. Le second axe vise à détecter les infections à piroplasmes (*Babesia* spp. et *Theileria* spp.) chez les bovins, par examen microscopique de frottis sanguins colorés au Giemsa. Il s'agit également d'estimer la prévalence des hémopathogènes identifiés au sein de la population bovine étudiée et d'analyser les principaux facteurs de risque associés aux infections, notamment l'âge, le sexe, la race et la saison.

PREMIÈRE PARTIE :
ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :
TIQUES DURES (IXODIDAE) DES
ANIMAUX D'ÉLEVAGE

A. CLASSIFICATION SYSTÉMATIQUE DES TIQUES IXODIDAE

Les tiques sont des ectoparasites hématophages obligatoires qui se nourrissent du sang de toutes les classes de vertébrés, et ce, dans presque toutes les régions du monde, notamment en Afrique (Socolovschi et al., 2008). Elles représentent les principaux vecteurs de maladies humaines et animales, devant même les moustiques (Dantas-Torres et al., 2012). Ces parasites sont capables de transmettre une variété d'agents pathogènes, tels que des bactéries (*Borrelia*, *Anaplasma*, *Rickettsia*...), des parasites (*Babesia* et *Theileria*) ainsi que de nombreux virus, notamment ceux responsables de l'encéphalite à tique et de la fièvre Crimée-Congo (de la Fuente et Kocan, 2014).

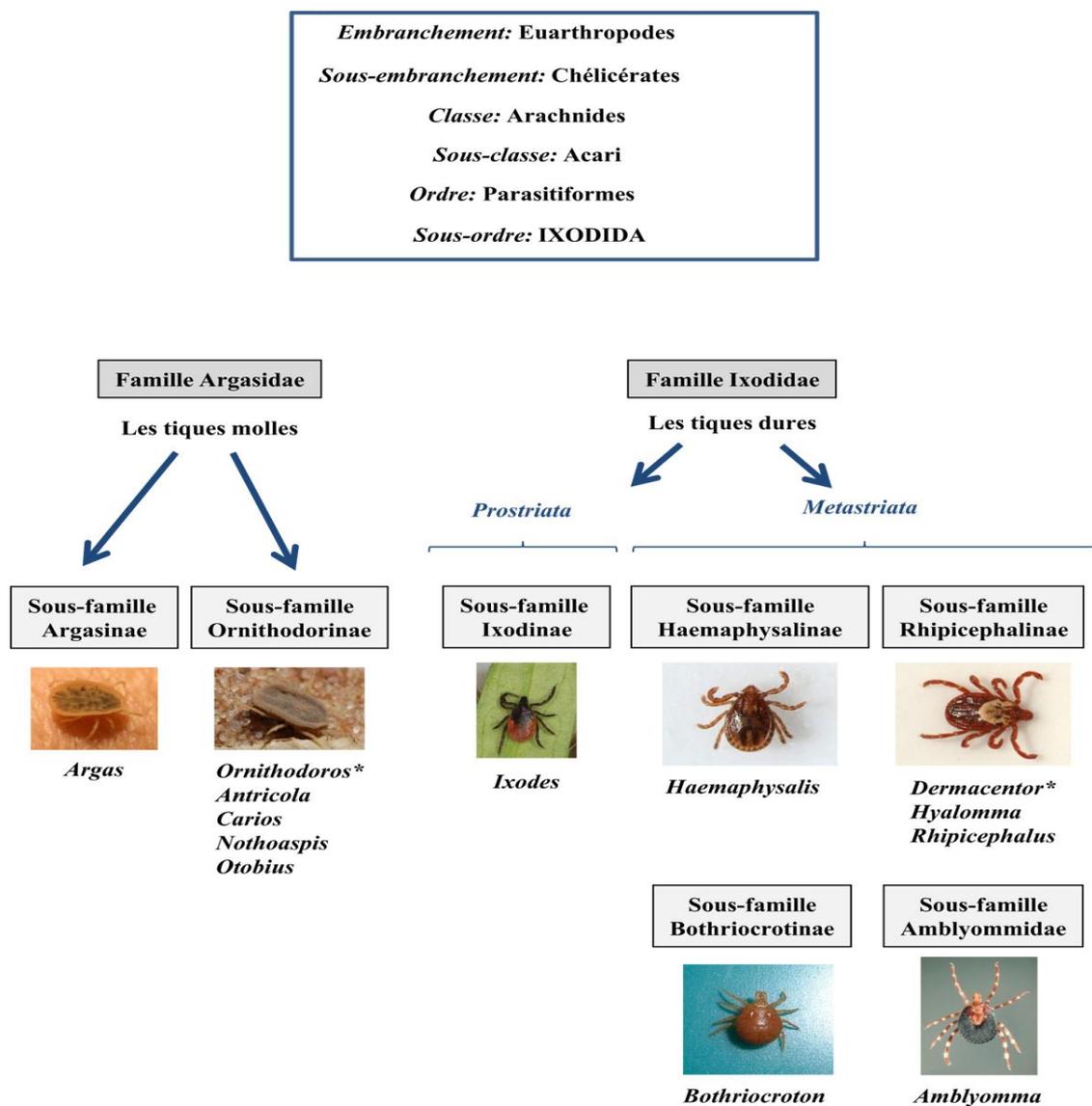


Figure 1. Systématique des tiques dures et des tiques molles (Boulanger et McCoy, 2017).

Les tiques font partie de l'embranchement des arthropodes¹ et du sous-embranchement des chélicérates. Elles diffèrent des insectes, qui appartiennent au sous-embranchement des mandibulates et sont divisés en tête, thorax et abdomen. Les tiques sont donc des acariens de grande taille, présentant une structure globulaire (Lecointre et Le Guyader, 2001). Elles sont regroupées dans le sous-ordre Ixodida, qui comprend environ 900 espèces, lui-même divisé en trois familles : la famille des Ixodidae (les tiques dures) avec environ 700 espèces, celle des Argasidae (les tiques molles) avec environ 200 espèces, et la famille des Nutalliellidae, qui ne compte qu'une seule espèce connue (Guglielmone et al., 2010) (Figure 1).

Actuellement, la famille des Ixodidae compte 702 espèces réparties en 14 genres. Les genres principaux sont : *Amblyomma* (130 espèces), *Dermacentor* (34 espèces), *Haemaphysalis* (166 espèces), *Hyalomma* (27 espèces), *Ixodes* (243 espèces) et *Rhipicephalus* (82 espèces) (Guglielmone et al., 2010). La plupart des tiques d'importance vétérinaire appartiennent à la famille des Ixodidae et transmettent une plus grande diversité d'agents pathogènes (protozoaires, bactéries, rickettsies et virus) que tout autre groupe d'arthropodes vecteurs (Eisen et al., 2017).

À l'heure actuelle, la taxonomie des tiques est encore en débat. L'affiliation des spécimens de tiques au niveau du genre et de l'espèce est le principal point de divergence d'opinion (Estrada-Peña, 2015). La classification systématique des tiques a historiquement été basée sur la caractérisation morphologique des spécimens, ainsi que sur l'étude de leurs caractéristiques biologiques et écologiques et de leur répartition géographique. Les études de phylogénie basées sur l'étude du génome mitochondrial et des gènes de l'ARNr nucléaire ont ensuite permis d'affiner en partie les données de taxonomie grâce au développement des techniques de biologie moléculaire (Mccoy et Boulanger, 2015).

B. MORPHOLOGIE GÉNÉRALE DES IXODIDAE

Les Ixodidae ou « tiques dures », sont des parasites obligatoires hémato-phages de taille importante (2-30 mm). Les pattes des adultes et des nymphes sont de 4 paires (octopodes), les larves en ont 3 (hexapodes). Un dimorphisme sexuel net est le plus souvent observé : la femelle est nettement plus grande que le mâle, surtout lorsqu'elle est gorgée (Figure 2) (Troin, 2023).

¹ Animaux métamérisés à symétrie bilatérale, pourvus d'appendices articulés avec un corps recouvert d'un exosquelette (= cuticule avec chitine) et au développement discontinu (mue).



Figure 2. Différents stades de développement d'*Ixodes ricinus* (famille d'Ixodidae) : une femelle à l'extrémité gauche, un mâle en dessous, deux nymphes au centre, trois stades larvaires au coin supérieur droit (Saari et al., 2018).

Les tiques ne possèdent pas d'antenne et, à la différence des insectes, le corps des tiques n'est pas divisé en tête, thorax et abdomen, mais se compose de deux parties distinctes : la « tête » ou capitulum et le corps (idiosome) (Goodman, 2005).

Chez les Ixodidae, le capitulum (ou rostre) se trouve en avant du corps (antéroterminal). Il porte les pièces buccales composées d'organes sensoriels (pédipalpes), d'organes coupants (chélicères) et d'un organe immobile médian (hypostome) avec de nombreuses dents qui fixent les tiques dans la peau de leur hôte (Figure 3 et 4) (Socolovschi, 2008). La longueur du capitulum et le nombre de rangées transversales et longitudinales des dents jouent un rôle essentiel dans la taxonomie (Figure 5). Selon Guiguen (2019), la longueur des articles des pédipalpes et leur chétotaxie (nombre et insertion des poils) présentent également un intérêt taxonomique.

L'idiosome est le reste du corps et se subdivise en deux parties : le podosome (zone d'insertion des pattes) et l'opisthosome (abdomen). Les Ixodidae sont caractérisées par la présence d'une plaque (le scutum) sur la face dorsale de leur corps et seul le reste du corps est extensible pendant le repas sanguin (Socolovschi, 2008). Toutes les stases ont ce scutum caractéristique, parfois très coloré (taches d'émail), qui couvre environ le 1/4 ou le 1/3 du corps des larves, des nymphes et des femelles. Par contre, il recouvre toute la face dorsale du mâle ; de ce fait, les mâles se nourrissent peu ou pas sur leurs hôtes (Guiguen, 2019). Ainsi, la différenciation du sexe est aisée (Figure 2).

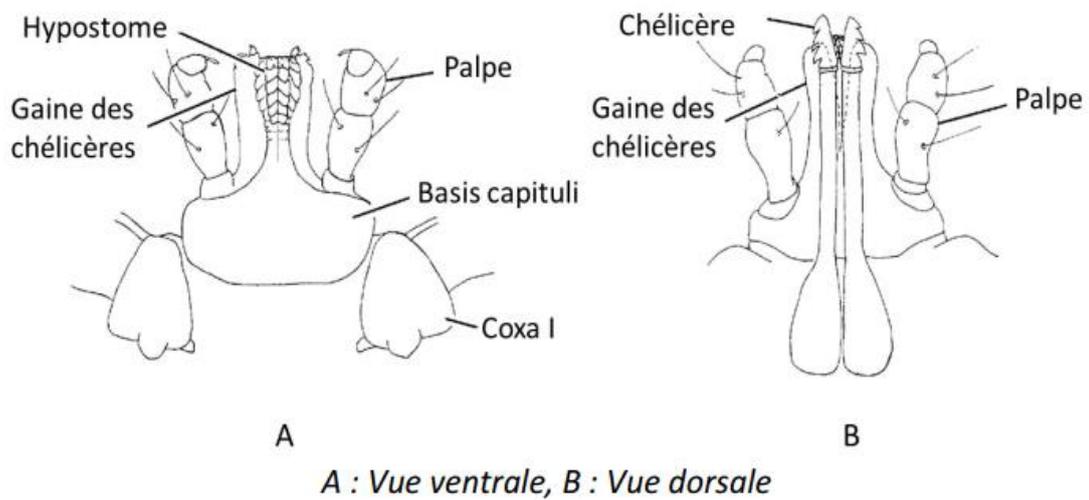


Figure 3. Pièces buccales d'une tique de la famille des Ixodidae, illustrées d'après Wall et Shearer (2001).

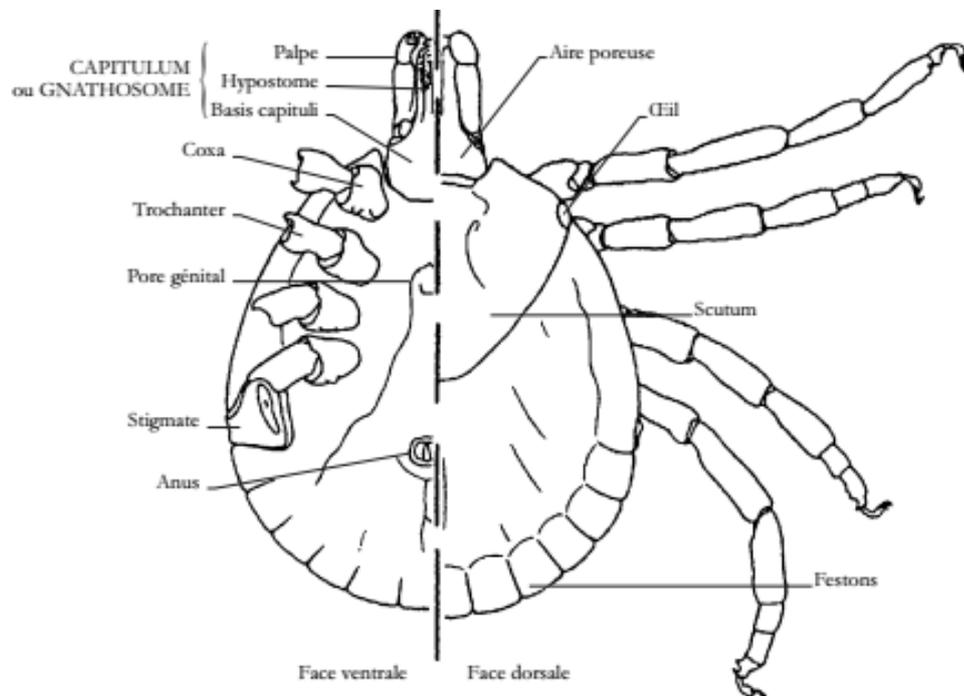


Figure 4. Schéma de la morphologie générale d'une tique de la famille des Ixodidae (McCoy et Boulanger, 2015).

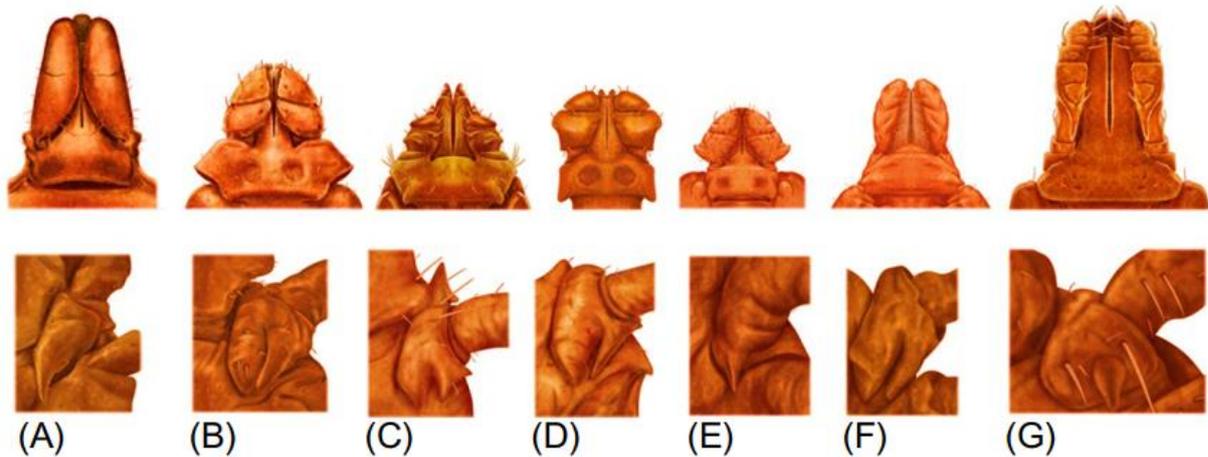


Figure 5. Quelques différences morphologiques dans les principaux genres de tiques dures (Saari et al, 2018).

(A) *Ixodes* : les pièces buccales sont nettement plus longues (longirostre) que la base du capitulum. Éperon interne bien développé dans la coxa I. (B) *Rhipicephalus* : les pièces buccales sont plus courtes (brévirostre) que la largeur de la base du capitulum, mais plus longues que l'hypostome ; la base capitulaire est hexagonale avec des projections latérales distinctes. Des éperons pairs bien développés sont présents dans le coxa I. (C) *Boophilus* : pièces buccales courtes (brévirostre), palpes courts qui n'atteignent pas l'extrémité de l'hypostome et avec des crêtes nettes entre les segments. Petits éperons pairs présents dans la coxa I. (D) *Dermacentor* : capitulum de base rectangulaire, palpes courts. Grandes épines paires présentes dans la coxa I. (E) *Haemaphysalis* : capitulum de base rectangulaire, palpes courts ; base du segment palpébral II avec une projection latérale distincte. Un seul grand éperon interne présent dans la coxa I. (F) *Hyalomma* : pièces buccales longues (longirostre), segments palpébrale II et III de longueur équivalente. De grands éperons égaux sont présents dans la coxa I. (G) *Amblyomma* : longues pièces buccales (longirostre), segment palpébral II environ deux fois plus long que le segment III. Coxa I avec de petits éperons pairs inégaux

Selon Goodman (2005), tous les organes des tiques sont irrigués par un liquide circulant appelé l'hémolymphe, qui est composé de plasma et de cellules. Les tubes trachéaux de l'appareil respiratoire transportent l'air depuis les pores de la surface latérale du corps vers les divers organes et tissus. Les tiques ont un système nerveux central composé d'une masse neuronale unique située dans la partie antéro-ventrale du corps. Les yeux sont absents chez beaucoup d'espèces, mais même

s'ils sont présents sur la partie postérolatérale du scutum, il est peu probable qu'ils permettent une vision précise de l'aire. En revanche, les tiques possèdent un grand nombre d'organes sensoriels périphériques. Sur le corps, on peut observer des soies et un complexe sensoriel sur la face dorsale du premier tarse avec de nombreux récepteurs olfactifs et gustatifs (organe de Haller). Ces organes sensoriels, composés de chémo-, mécano-, photo- ou thermorécepteurs, jouent un rôle essentiel dans la détection des hôtes et la communication entre les tiques (Goodman, 2005).

C. BIO-ÉCOLOGIE DES TIQUES

1. Cycle biologique des Ixodidae

Les tiques ne sont pas des ectoparasites permanents et ils alternent entre les phases parasitaires et libres. Par conséquent, les caractéristiques de l'environnement biotique (l'hôte) et abiotique (l'habitat de l'hôte, la température, l'humidité) sont fortement liées à leur survie et à leur développement (Boulanger et McCoy, 2017). Les Ixodidae présentent un cycle de développement à trois stases : la larve, la nymphe et l'adulte (mâle ou femelle) (Figure 6). Chaque stase est séparée par une métamorphose qui fait suite à la prise d'un repas sanguin : la métamorphose larvaire, où la larve mue en nymphe, et la métamorphose nymphale, où la nymphe mue en adulte (McCoy et Boulanger, 2015).

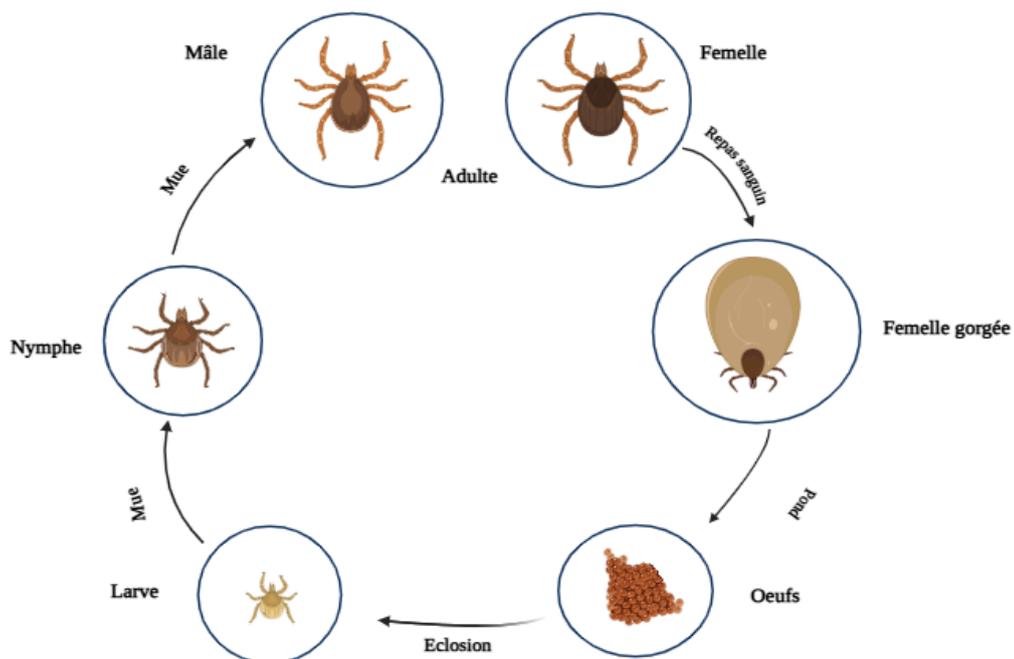


Figure 6. Cycle de développement des Ixodidae (Production personnelle).

La fixation des Ixodidae varie de quelques jours à quelques semaines en fonction de la stase et de l'espèce. La femelle, dans la majorité des espèces, pond une seule fois entre 1 000 et 20 000 œufs, habituellement à l'abri dans une anfractuosité du sol, et meurt juste après la ponte. La larve hexapode est molle et immobile après l'éclosion. En seulement quelques jours, ses téguments se chitinisent, ce qui entraîne la recherche d'un hôte. En trois à quatre jours, elle s'y arrête et s'en gorge, puis tombe sur le sol et se transforme en nymphe en quelques semaines.   son tour, elle se fixe sur un autre animal pendant quatre à six jours, puis se décroche et tombe sur le sol et devient adulte en quelques mois. Il doit se nourrir aux dépens d'un 3^{ème} hôte pendant environ une semaine. Le cycle se poursuit lorsque la femelle repue et fécondée tombe sur le sol (Anofel, 2017). Selon Mehlhorn (2011), une femelle peut absorber jusqu'à 100 fois son poids de sang.

La reproduction, quant à elle, est la même chez toutes les espèces de tiques (Figure 7). Pendant l'accouplement, le mâle place son rostre dans la vulve de la femelle et, après l'avoir agrandie, y dépose les spermatophores. Selon Guiguen (2019), cet accouplement peut être effectué avant, pendant ou après le repas sanguin, en fonction de la nécessité ou non d'un repas sanguin pour la spermatog nese.



Figure 7. Tiques Ixodidae en accouplement (*Ixodes ricinus*) (INRAE, 2020).

2. Différents types de cycles

Les tiques peuvent être classées selon le nombre d'hôtes intervenant dans le cycle de vie : monophasique (un même hôte pour tous les repas), diphasique (deux hôtes) ou triphasique (trois hôtes) (Figure 8). La plupart des tiques Ixodidae sont triphasiques, avec un repas à chaque stase

sur un hôte différent, comme c'est le cas pour le genre *Ixodes*. Que ces hôtes soient d'une même espèce ou de plusieurs espèces différentes, il faut trois vertébrés pour terminer le cycle complet, la tique se laissant tomber au sol entre chaque repas pour y effectuer sa stase suivante ou la ponte pour les femelles (Boulanger et McCoy, 2017).

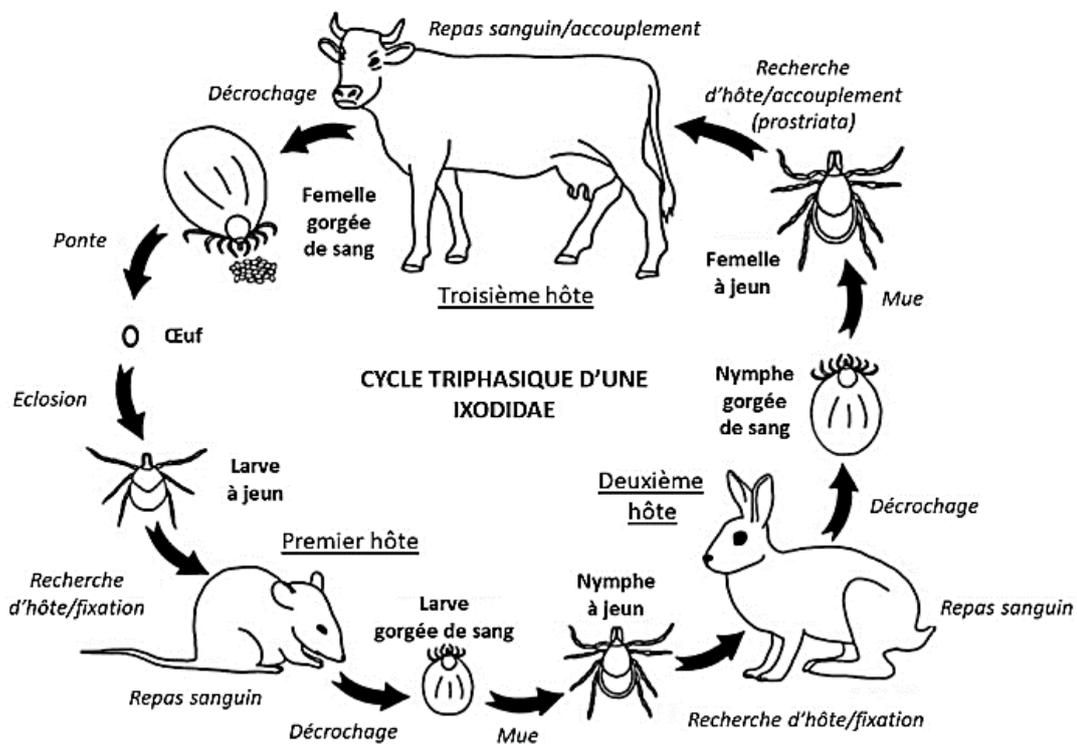


Figure 8. Présentation de cycle triphasique d'une tique de la famille des Ixodidae (d'après Apanaskevich et Oliver, 2014 ; Drouin, 2018).

3. Préférences trophiques (spécificité d'hôte)

Le classement des tiques est également basé sur la nature des hôtes parasités et leurs préférences trophiques (McCoy et Boulanger, 2015). Certaines espèces de tiques Ixodidae, habituellement exophiles, sont appelées opportunistes et peuvent parasiter une grande variété d'hôtes, y compris les stases immatures (larves et nymphes). En revanche, certaines tiques ont des préférences trophiques plus marquées, se nourrissant sur des types d'hôtes spécifiques. Les tiques monotropes, également appelées monoxènes, se nourrissent du même type d'hôte, quelle que soit la stase de développement. La plupart du temps, il s'agit de tiques endophiles qui vivent à proximité de leur hôte dans des abris protégés, ou de tiques exophiles dont l'hôte préférentiel est abondant

(Boulanger et McCoy, 2017, McCoy et Boulanger, 2015). La plupart des tiques sont ditropes, ce qui signifie que les larves et les nymphes se nourrissent de petits vertébrés (oiseaux, reptiles, micromammifères) tandis que les adultes se nourrissent de grands mammifères. Il y a également des tiques télotropes (ou « polytropes »), dont les larves et les nymphes se nourrissent de toutes sortes de vertébrés terrestres, tandis que les adultes se nourrissent de grands mammifères (Risco-Castillo, 2018).

4. Recherche d'hôtes et repas sanguin

La recherche d'hôte pour les tiques varie en fonction de leurs lieux d'habitation. Elle est par ailleurs influencée par des facteurs climatiques, comme la température, l'hygrométrie et la photopériode (Estrada-Peña, 2015).

Le gorgement, ou repas sanguin de la tique, se fait en deux temps : un gorgement lent et progressif avant la fécondation, puis un gorgement rapide quelques jours après la fécondation. En général, les parasites sanguins sont inoculés à la fin de la deuxième étape (Marchal, 2011). Cela implique que retirer une tique de son hôte de manière adéquate permet d'éviter la propagation d'hémoparasitoses. Il s'agit donc d'un élément essentiel dans la lutte contre la babésiose et l'anaplasmose.

Finalement, après avoir terminé leur repas, les tiques se détachent, surtout le matin après une nuit de gorgement intensif. Par ailleurs, un exercice matinal des bovins, tel qu'une marche d'au moins 20 minutes, favorise ce décrochage (Marchal, 2011). Ces pratiques augmentent donc le risque de contamination des pâtures.

5. Mode de vie des tiques

La vie des tiques est conditionnée par la végétation, le climat et les interrelations qu'elles entretiennent avec les autres êtres vivants, animaux, parasites, microorganismes. Un écosystème particulier est constitué de tous ces éléments. Ainsi, tout changement temporel et spatial d'un des éléments de l'écosystème a un impact variable sur la vie, voire la survie d'un ou plusieurs des autres éléments de l'écosystème (Socolovschi et al., 2008).

Selon Boulanger et McCoy (2017), la plupart des Ixodidae sont des espèces exophiles qui vivent dans des écosystèmes ouverts ou semi-ouverts très diversifiés, tels que les forêts, les prairies, les savanes, ainsi que dans des zones péri-urbaines, comme les parcs et jardins publics. Ainsi, les tiques exophiles sont plus vulnérables et doivent s'ajuster aux changements des conditions

environnementales telles que la température ou l'humidité. Deux stratégies de recherche d'hôte sont utilisées par les tiques exophiles, qu'elles soient appelées à l'affût ou en chasse active (Boulanger et McCoy, 2017). Les tiques à l'affût s'installent plus ou moins haut dans la végétation et attendent le passage d'un hôte pour s'y fixer. Selon Boulanger et McCoy (2017), les tiques qui chassent activement commencent à attaquer dès qu'elles repèrent un hôte. Quelques espèces d'ixodidés sont considérées comme endophiles, elles vivent habituellement dans des environnements intérieurs où elles interagissent étroitement avec leur hôte, mais elles peuvent également survivre en extérieur, comme *R. sanguineus* sensu lato (s.l.) (McCoy et Boulanger, 2015 ; Estrada Peña, 2010).

D. DIVERSITÉ ET DISTRIBUTION DES PRINCIPALES ESPÈCES DE TIQUES

1. Région du Moyen-Orient et l'Afrique du Nord « MENA »

En Afrique du Nord et dans la péninsule arabique, 55 espèces de tiques de huit genres ont été observées les animaux d'élevage. Deux genres de tiques molles (Argasidae) sont présents, *Ornithodoros* et *Otobius*. Le plus commun semble être *Ornithodoros savignyi*, qui a été observé dans la plupart du Moyen-Orient et dans certaines parties de l'Afrique du Nord. Il existe six genres de tiques dures (Ixodidae) : *Amblyomma*, *Dermacentor*, *Haemaphysalis*, *Hyalomma*, *Ixodes* et *Rhipicephalus*, dont *H. impletatum*, *H. dromedarii*, *R. (Boophilus) annulatus* et *R. sanguineus* s.l. sont très communes dans la région du MENA. Parmi ces tiques, la plus répandue est *H. dromedarii*, qui est très fréquente en raison de l'élevage du dromadaire à grande échelle (Perveen et al., 2021).

Les pays arabes offrent un environnement favorable aux tiques, mais les études taxonomiques sur les espèces de tiques sont très peu nombreuses dans la plupart des pays. En général, la plupart des études taxonomiques sur les tiques du monde arabe se sont dirigées vers les tiques dures. Le plus grand nombre d'espèces de tiques du bétail est présent en Égypte, au Soudan et en Jordanie. Dans presque tous les pays arabes, les genres les plus répandus sont *Hyalomma* spp. et *Rhipicephalus* spp. (Bakheit et al., 2012). Un petit nombre d'articles publiés sur les espèces de tiques et les agents pathogènes transmis par les tiques a été trouvé dans plusieurs pays. C'est-à-dire qu'il y a un manque de recherche sur les tiques et les maladies qu'elles transmettent. L'étude des divers aspects de la distribution des tiques est aussi indispensable pour gérer les maladies émergentes et réémergentes transmises par les tiques et les mouvements de maladies, notamment dans les pays arabes ayant des frontières communes (Perveen et al., 2021).

2. En Algérie

Selon la revue de littérature approfondie, menée par Mechouk et al. (2022), 24 espèces de tiques de la famille des Ixodidae ont été recensées en Algérie. Parmi celles-ci, on compte une seule espèce de *Dermacentor* (*D. marginatus*), trois espèces d'*Haemaphysalis* (*H. erinacei*, *H. punctata*, *H. sulcata*), 10 espèces de *Hyalomma* (*H. aegyptium*, *H. anatolicum*, *H. dromedarii*, *H. excavatum*, *H. impeltatum*, *H. lusitanicum*, *H. marginatum*, *H. rufipes*, *H. scupense*, *H. truncatum*), quatre espèces d'*Ixodes* (*I. hexagonus*, *I. inopinatus*, *I. ricinus*, *I. vespertilionis*) et six espèces de *Rhipicephalus* (*R. annulatus*, *R. bursa*, *R. evertsi evertsi*, *R. guilhoni*, *R. sanguineus* s.l., *R. turanicus*).

La figure 9 présente la carte de répartition des principales espèces de tiques appartenant à la famille des ixodidés en Algérie.

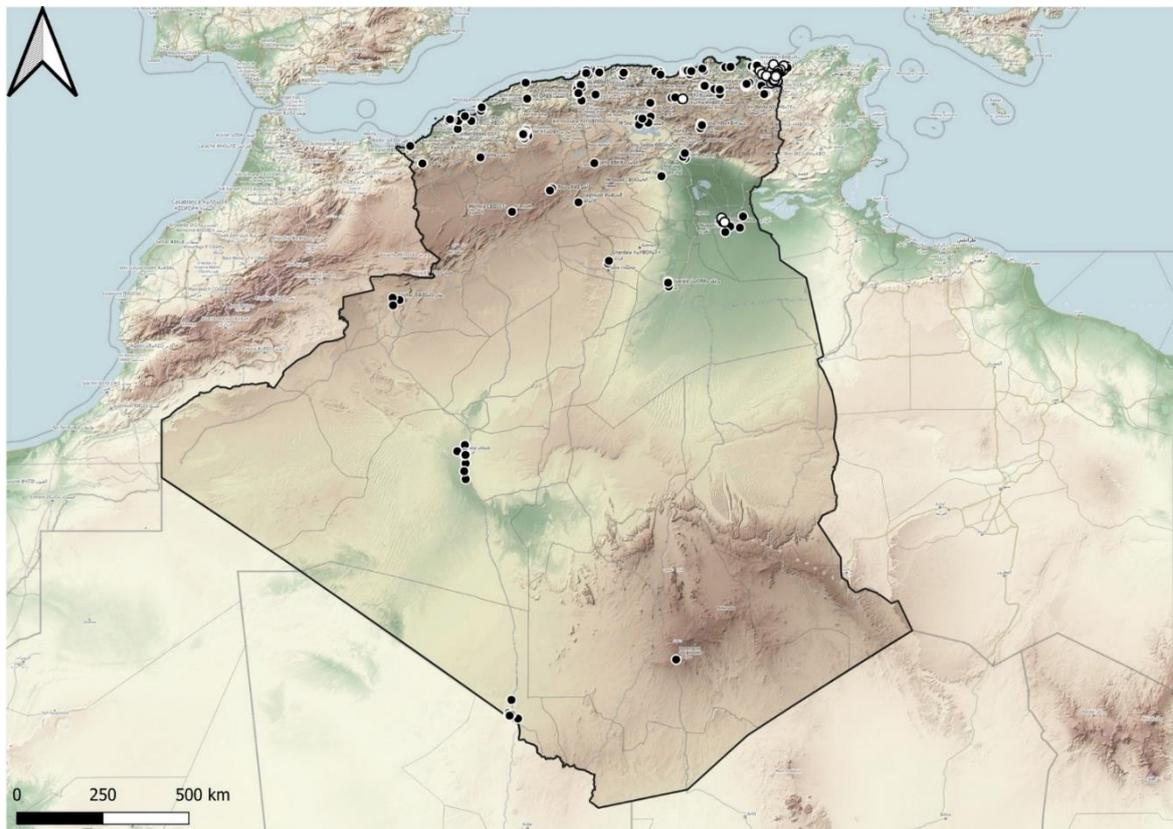


Figure 9. Données de distribution de l'ensemble des espèces de tiques dures « Ixodidae » en Algérie : les données de la littérature (1922-2022) sont représentées par des cercles noirs et les données originales par des cercles blancs (Mechouk et al., 2022).

E. RÔLES PATHOGÈNES

1. Pouvoir pathogène direct

Toutes les espèces de tiques Ixodidae possèdent un pouvoir pathogène direct. Celui-ci est associé à la piqûre qui entraîne une inflammation locale, une coagulation sanguine et une légère addiction. En effet, la salive injectée par la tique lors de la pique a des propriétés anti-inflammatoires, anti-coagulables, toxiques, immunomodulatrices et lytique (Ayard, 2020).

1.1. Spoliation sanguine

Les tiques des régions tempérées prennent des quantités de sang relativement faibles (moins de 2 millilitre) et ne souffrent pas de spoliation sanguine en tant que telle (Bonnet et al., 2015). Toutefois, ils sont souvent nombreux par animal, ce qui entraîne une spoliation sanguine importante qui peut se prolonger, entraînant un affaiblissement global de l'animal et donc une perte pour les éleveurs, en viande et en lait, souvent suivie de maladies liées à la diminution de l'immunité causée par la spoliation (Pérez-Eid, 2007).

1.2. Effets inflammatoires et dommages liés à la piqûre

Tout d'abord, l'inflammation locale est jugulée par la salive de la tique. Toutefois, la salive est produite à différentes périodes et son action n'est donc pas constante. Progressivement, une réaction inflammatoire locale s'installe en réponse à l'agression par la tique. Si l'inflammation provoquée par une seule tique n'est pas importante pour un bovin, l'accumulation de centaines de tiques qui provoquent cette inflammation pose problème. Sur les bovins très parasités, on observe alors des dépilations étendues, accompagnées de nécrose, d'hyperkératose et de desquamations causées par la présence chronique d'un grand nombre de tiques. La formation d'abcès au niveau des plaies de piqûre peut également être observée en cas de mauvaises conditions d'hygiène et d'immunité du bovin. Le bovin est donc directement affecté par la présence de tiques, ce qui peut considérablement réduire son état général et sa productivité (Ayard, 2020).

2. Pouvoirs pathogènes indirects

Les tiques jouent un rôle majeur dans la transmission d'agents infectieux (Moutailler et al., 2016). En médecine vétérinaire, elles jouent un rôle crucial en tant que vecteurs, elles sont en tête avant les moustiques, tandis qu'en santé humaine, elles occupent la deuxième place. Ces dernières années, les progrès en biologie moléculaire et cellulaire, en diagnostic et en épidémiologie

environnementale ont permis de faire une grande avancée dans la connaissance des maladies à transmission vectorielle. Le spectre des agents infectieux transmis par les tiques est très large : il va des bactéries (*Spirochètes*, *Rickettsia*, *Ehrlichia*...) aux virus (*flavivirus*, *nairovirus*...) et aux parasites (*Babesia* spp., *Theileria* spp.). Les pathologies associées à ces organismes sont principalement des zoonoses dans lesquelles l'homme est un hôte accidentel et une impasse pour l'agent infectieux. Il contracte ces maladies en fréquentant des environnements infestés par les tiques (sylviculture, chasse, activités récréatives...). La transmission se fait généralement par piqûre hématophage, mais aussi par exposition à du matériel infecté pour la tularémie, par transfusion sanguine pour *Babesia*... (Piesman et Eisen, 2008).

Le tableau I présente les principaux agents pathogènes transmis par les tiques dans le monde, leurs vecteurs, leurs manifestations cliniques et leur distribution géographique.

Tableau I. Principales pathologies transmises par les tiques (Boulanger et McCoy, 2017).

Maladies	Agents infectieux	Tique vectrice	Hôtes réservoirs	Répartition géographique
Virus (arbovirus)				
Méningo-Encéphalite à tique	<i>Flavivirus</i>	<i>Ixodes ricinus</i> <i>I. persulcatus</i>	Mammifères sauvages, vecteurs	Asie, Europe
Fièvre hémorragique Crimée-Congo	<i>Nairovirus</i>	<i>Hyalomma marginatum</i>	Mammifères sauvages, vecteurs	Europe, Asie, Afrique
Bactéries				
Fièvre Q ou coxiellose	<i>Coxiella burnetii</i>	<i>Rhipicephalus</i> spp. <i>Dermacentor</i> spp.	Mammifères	Cosmopolite
Borréliose de Lyme	<i>Borrelia burgdorferi</i> sensu lato	<i>Ixodes</i> spp.	Rongeurs, Oiseaux, Insectivores	Hémisphère nord
Fièvres récurrentes à tique	<i>Borrelia</i> spp.	<i>Ornithodoros</i> spp. <i>Ixodes</i> spp.	Rongeurs	Principales en zones tropicales et sub-tropicales
Fièvre boutonneuse Méditerranéenne	<i>Rickettsia conorii</i>	<i>Rhipicephalus sanguineus</i>	Chiens, rongeurs	Afrique, Asie, Europe

Fièvre africaine à tique	<i>Rickettsia africae</i>	<i>Amblyomma</i> spp.	Mammifères	Afrique Sub-Saharienne
TIBOLA (Tick-borne lymphadenopathy)	<i>Rickettsia slovaca</i>	<i>Dermacentor</i> spp.	Moutons, cerf	Europe
Tularémie	<i>Francisella tularensis</i>	Différents genres de tique	Lièvres, lapins, rongeurs	Cosmopolite
Anaplasmoses	<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>I. pacificus</i> , <i>I. scapularis</i>	Nombreux mammifères Bovins et ruminants sauvages	Europe, Amérique du Nord, Russie Europe et Afrique
	<i>A. marginale</i>	<i>Ixodes</i> et <i>Rhipicephalus</i>		
Ehrlichioses	<i>E. chaffeensis</i>	<i>Amblyomma</i>	Cervidés	Amérique du Nord
	<i>E. ruminantium</i>	<i>Amblyomma</i>	Bétail	Afrique, Caraïbes
Parasites				
Babésioses	<i>Babesia divergens</i>	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>I. scapularis</i>	Bovins	Europe, Amérique du Nord
	<i>B. microti</i>		Rongeurs	
Theilérioses	<i>Theileria annulata</i>	<i>Hyalomma</i>	Bétail	Europe, Asie
	<i>T. parva</i>	<i>Rhipicephalus</i>	Bétail	Afrique

F. IMPACTS DES VARIATIONS CLIMATIQUES SUR LES TIQUES

Les changements climatiques et particulièrement le réchauffement climatique affectent directement et indirectement les tiques.

1. Impacts directs

1.1. Impact sur la mortalité

Selon Koch et Tuck (1986), les températures élevées et basses entraînent la mort des œufs, des larves et des nymphes. Ainsi, un environnement avec des conditions idéales est essentiel pour les tiques pour échapper aux températures extrêmes et fatales, étant donné qu'elles passent 99 % de leur vie sur le sol ou sur les végétaux. En hiver, les régions tempérées ont une température du sol supérieure à celle de l'air ambiant, ce qui assure la protection de tous les stades de tiques contre le froid (Ogden et al., 2004). Les tiques se réhydratent à partir de l'humidité environnante pour

survivre à la dessiccation, mais lorsque les précipitations sont intenses et prolongées, la mortalité est élevée (Randolph, 1997).

1.2. Impact sur l'activité

L'activité de recherche d'hôtes pour le repas sanguin est diminuée par les températures extrêmes. Pendant les périodes sèches, la nécessité de se réhydrater oblige la tique à dépenser de l'énergie en fonction de la recherche de l'hôte, car elle doit constamment retourner à son habitat humide (couche de feuillage dense ou abri d'animaux) (Ogden et Lindsay, 2016). Cette recherche d'humidité diminue la chance de rencontre avec un hôte et peut entraîner la mort de la tique (Gern et al., 2008).

1.3 Impact sur le développement entre les stades (inter-stadial)

Dans les conditions expérimentales, le taux de développement interstadial augmente de manière non linéaire en fonction des températures. En revanche, dans les conditions naturelles, le microclimat de l'habitat semble faire face à l'impact des températures élevées du macroclimat. De ce fait, la durée du développement est davantage liée aux variations mensuelles tout au long du cycle de la tique qu'aux variations journalières, de courte durée (Ogden et al., 2014).

2. Impacts indirects

Les changements climatiques ont aussi un impact sur l'abondance des hôtes qui servent de ressources trophiques pour les tiques. D'un côté, la recherche d'eau dans les régions de forte sécheresse pousse les animaux sauvages à se déplacer sur de longues distances et, de ce fait, entraîne la dispersion des tiques dans de nouvelles zones et l'infestation des animaux domestiques par de nouvelles espèces. En revanche, la diminution de la végétation due à la sécheresse pourrait amener des troupeaux d'animaux à se déplacer ou à migrer vers d'autres régions.

En raison de la survenue d'inondations, d'ouragans ou de sécheresses intenses, l'immigration de populations humaines (réfugiés climatiques) pourrait également entraîner la dispersion et la prolifération des tiques dans de nouvelles régions (Levy et Patz, 2015).

Les changements climatiques entraînent la création de nouvelles zones géographiques favorables à l'installation de certaines espèces de tiques et à l'augmentation de l'incidence des pathogènes qu'elles transmettent. La récente apparition de *R. sanguineus* s.l. et de *H. marginatum*, respectivement en Grande-Bretagne et en Allemagne, met en évidence l'importance de ce phénomène dans l'adaptation des tiques à de nouveaux milieux (Beugnet, 2017).

D'un autre côté, les changements climatiques peuvent rendre certaines régions non favorables pour les tiques et entraîner ainsi leur disparition (Ogden et al., 2021).

G. STRATÉGIE DE LUTTE CONTRE LES TIQUES CHEZ LES BOVINS

La lutte contre les tiques est essentielle pour combattre les maladies qu'elles vectorisent, mais elle est compliquée en raison de la faible quantité de prédateurs naturels de ces acariens, de la complexité de leurs cycles de vie, de la diversité de leurs hôtes et de leur capacité de reproduction élevée (de La Fuente et al., 2015).

Le développement de phénomènes de résistance chez un nombre croissant de tiques et à l'égard d'un nombre croissant de molécules chimiques a conduit à de nombreuses évolutions dans les méthodes pour repérer les opportunités et les difficultés à l'utilisation de nouvelles méthodes et de nouveaux modes d'application. Les moyens de lutte se sont élargis avec l'évolution des connaissances, mais toujours en complément d'une lutte chimique, qui demeure, de loin, la plus utilisée. Dès le début, la lutte zootechnique a été mise en place, avec l'élevage hors sol, le retrait du bétail par rotation des pâtures ou l'immobilisation temporaire en stabulation), la lutte immunologique en choisissant des races d'animaux résistants et la lutte en modifiant l'environnement (culture, brulage, déboisement). D'autres méthodes de lutte sont apparues plus tard, comme la lutte biologique, la lutte par phéromones et les vaccins anti-tiques. Enfin, il existe également des recherches sur les effets répulsifs de certaines plantes, qu'elles soient sous forme d'extraits ou d'huiles essentielles (Pérez-Eid, 2007).

1. Contrôle chimique

L'acaricide est l'une des méthodes appliquées pour la lutte contre les tiques. Les substances utilisées sont issues de différentes familles : organophosphorés, pyréthriinoïdes, lactones macrocycliques... (Farkas et al., 2013). La lutte chimique peut être effectuée directement sur les hôtes (comme les bovins dans notre situation) ou dans l'environnement. Les méthodes employées sur les mammifères sont aussi diverses : bains dans des cuves, spray, poudre, pour-on (le plus fréquemment utilisé mais assez coûteux), spot-on, bolus intraruminal, injection, boucle auriculaire ou caudale, collier, aérosol, pédiluve (Drouin, 2018).

En règle générale, les traitements acaricides sont appliqués en période de pullulation des tiques, ce qui relève de la lutte dite « stratégique ». L'intervalle entre traitements est très variable, dépendant de la volonté de l'éleveur de juste limiter l'infestation ou d'empêcher au maximum la

fixation des tiques, auquel cas il traite très fréquemment ses animaux à un rythme déterminé par la rémanence des produits utilisés (Loizon, 2023).

Il est également important d'utiliser des acaricides de manière raisonnée, car le contact régulier des animaux avec certains agents pathogènes peut être bénéfique et favoriser leur développement d'une immunité naturelle. Cette immunité peut donc être favorisée chez les jeunes (qui présentent souvent moins de symptômes) en les laissant paître de façon contrôlée dans certaines pâtures considérées comme à risque pour y avoir un contact maîtrisé avec les agents pathogènes. Il est nécessaire d'ajuster cette proposition en fonction du risque parasitaire spécifique de chaque élevage (Toiron, 2023).

En raison des inconvénients de la lutte chimique, d'autres approches ont été étudiées pour contrôler les populations de tiques (Toiron, 2023).

2. Lutte écologique

Une lutte écologique contre les tiques peut également se faire en modifiant le biotope afin de rendre le cycle biologique difficile, voire impossible. L'une des approches consiste à agir directement sur la biomasse en réduisant les conditions propices aux tiques : arrachage de haies, fauchage des herbes hautes, drainage, feux... Cependant, les mesures prises devront tenir compte de leur impact sur l'environnement et sa biodiversité (Toiron, 2023).

En Australie et en Zambie, la gestion des pâturages a été utilisée pour lutter contre les tiques et on pense qu'elle est à l'origine d'une diminution du nombre de tiques. Cette gestion comprend l'espacement et les variations saisonnières des zones de pâturage des vaches (Rodriguez-Vivas et al., 2018).

3. Autres moyens de lutte

Les éleveurs peuvent effectuer le détiqage manuel et le faire régulièrement lors de la traite. Il y a plusieurs inconvénients à cette méthode : elle est très longue, elle ne concerne pas tous les bovins de l'élevage (à la traite, par exemple) et n'est souvent utilisée que sur les tiques « grosses », et enfin, elle peut causer de la douleur et/ou du prurit chez l'animal, ce qui peut être dangereux pour le réalisateur (Stachurski, 2015).

On peut également utiliser des prédateurs naturels tels que des poulets ou des pintades, ainsi que des parasitoïdes comme *Ixodiphagus hookeri*, une guêpe parasite de nombreux genres de tiques, y compris *Ixodes ricinus*, ou encore l'action de certaines bactéries, nématodes ou champignons, qui ont, pour le moment, été testés uniquement en laboratoire (Stachurski, 2015).

De plus, il est crucial de faire une rotation de pâture afin de diminuer la charge parasitaire des parcelles. On peut également limiter l'accès des bovins à certaines parcelles par des clôtures ou à certaines zones directement adjacentes de surfaces boisées ou de cours d'eau. Des barrières peuvent également être utilisées pour réduire le contact des animaux de production avec les espèces sauvages. En effet, cela contribue à diminuer l'exposition aux agents pathogènes transportés par ces dernières, ce qui permet de diminuer l'exposition aux tiques dans les situations où la faune sauvage joue un rôle de réservoir (Farkas et al., 2013).

H. MESURES PRÉVENTIVES CONTRE LES TIQUES

Les éleveurs devraient maintenir un programme prophylactique strict pour lutter contre les ectoparasites, plutôt que d'attendre que le problème devienne grave. Effectuer un examen physique général de leurs animaux au moins une fois par semaine (Shiferaw, 2017). Le poil de chaque animal doit être inspecté visuellement en passant la main dessus pour rechercher des signes d'irritation de la peau, des squames, une perte de poils importante et toute plaie ou bosse croûteuse qui pourrait être le signe d'une infection externe par des ectoparasites. Tout animal présentant des symptômes d'infestation parasitaire ou se montrant négligé devrait être immédiatement isolé et éloigné (Rahman et al., 2021). De cette manière, il y a moins de risques qu'une maladie se propage aux autres animaux (Taylor, 2019). Une fois le problème parasitaire traité et supprimé, les animaux en quarantaine ne doivent pas être associés à l'ensemble du troupeau. Avant d'introduire de nouveaux animaux dans le troupeau, il faut les séparer du reste du troupeau et les traiter contre les ectoparasites (Shiferaw, 2017).

Il faut maintenir une bonne hygiène en nettoyant fréquemment les bâtiments d'élevage, en recouvrant de ciment ou de boue les fissures dans les murs et les sols des bâtiments d'élevage, en enlevant l'herbe et les plantes autour de l'étable et en récupérant toute la litière et le poil jetés pour les brûler ou les jeter loin des interactions avec les animaux (Davies, 2016). Si possible, appliquer un insecticide efficace sur les habitations toutes les deux semaines. Les agriculteurs doivent également savoir comment réduire la population de tiques dans les pâturages. Faites tourner le sol où les animaux paissent et restez aussi loin que possible des pâturages infestés par les tiques. Les poulets peuvent être élevés dans des zones où les tiques sont nombreuses, par exemple près des points d'eau et d'autres zones de ce type (Rehman et al., 2017).

CHAPITRE II :

PIROPLASMOSES BOVINES (BABÉSIOSE & THEILÉRIOSE TROPICALE)

A. BABÉSIOSE BOVINE (*Babesia bovis* et *Babesia bigemina*)

1. Définition

La babésiose ou piroplasmose bovine est une maladie parasitaire sanguine due à la présence et à la multiplication dans les hématies d'un protozoaire du genre *Babesia* spp. (Bouattour et al., 2004). Sa multiplication dans les hématies provoque leur éclatement ; les parasites ainsi libérés vont parasiter d'autres hématies et les faire éclater à nouveau. Tous les troubles observés découlent de ces phénomènes (<https://www.gdscreuse.fr/?p=2930>). Les babésies sont transmises par de nombreuses espèces d'Ixodidés, notamment *Rhipicephalus (Boophilus)* (Uilenberg, 2006).

2. Historique

La babésiose a été identifiée pour la première fois en 1888 par Viktor Babes en Roumanie, qui a observé des corps ronds intra-érythrocytaires dans le sang de bovins souffrant d'hémoglobinurie fébrile (Homer et al., 2000). Bien que Babes n'ait pas signalé la présence de tiques chez les bovins malades, Theobald Smith et Frederick Kilborne du Bureau of Animal Industry des États-Unis ont, en 1893, ont publié les résultats d'une série d'expériences prouvant que les tiques provenant de bovins infectés étaient responsables de la transmission d'une maladie désignée sous le nom de « fièvre à tiques ». Cette découverte est reconnue comme la première à établir qu'un arthropode vecteur pouvait être porteur de maladie. Les observations de Smith et Kilborne ont été soutenues par l'avis de Cooper Curtice, qui affirmait que l'élimination des tiques entraînerait la disparition de la maladie. Cela a servi de fondement à la mise en place d'un programme d'éradication des tiques, qui a conduit à l'élimination des tiques et de la babésiose en Amérique en 1943 (Mosqueda et al., 2012).

3. Tiques vectrices

Il existe une centaine d'espèces de babésies chez les vertébrés. Les quatre principales concernant les bovins sont *B. bovis*, *B. bigemina*, *B. divergens* et *B. major* (Maslin et al., 2004). Au Maghreb, deux espèces de *Babesia* ont été décrites chez les bovins au début du siècle. Il s'agit de *B. bigemina* et *B. bovis* qui sont transmises par *R. (Boophilus) annulatus* et *R. bursa* (Figure 10) (Sergent et al., 1945). *B. divergens* est transmise par *I. ricinus* (Zintl et al., 2003) mais n'a pas été signalée en Algérie.



Figure 10. Principal vecteur de la babésiose bovine en Afrique du Nord : *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus*.

(<https://www.esccapuk.org.uk/page/Rhipicephalus+Boophilus+annulatus/71/>)

4. Distribution géographique

La babésiose est répartie dans le monde entier (Fakhar et al., 2012). Les zones les plus touchées se situent entre 40° N et 32° S, où les espèces de tiques *Boophilus* spp. sont largement répandues.

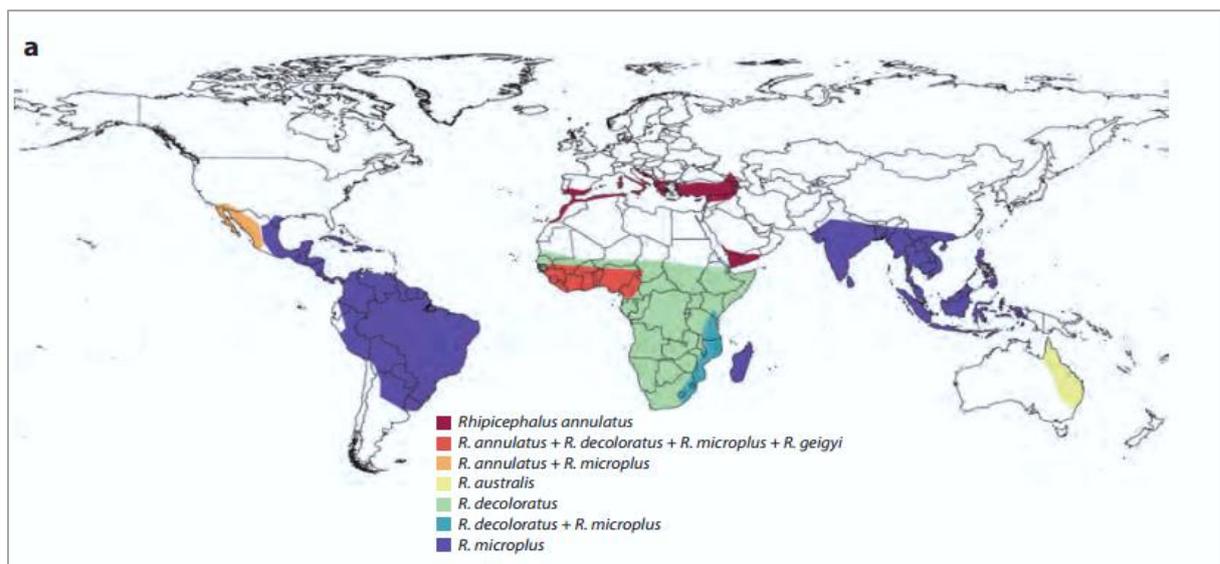


Figure 11. Distribution géographique des tiques vectrices de la babésiose bovine. Le schéma ne montre que la distribution des tiques du genre *Rhipicephalus (Boophilus)* spp., qui transmettent les espèces bovines les plus importantes sur le plan économique, *B. bigemina* et *B. bovis* (Gray et al., 2019).

Les espèces principales chez les bovins sont *B. bigemina* et *B. bovis*, qui sont endémiques dans les régions tropicales et subtropicales. Elles ont été signalées en Asie, en Afrique, en Amérique centrale et du Sud, en Australie et en Europe du Sud (Uilenberg, 1995). *R. (Boophilus) annulatus* est le principal vecteur de *B. bovis* et *B. bigemina* en Turquie (Sayin et al., 1996), en Afrique du Nord (Sahibi et al., 1998 ; Bouattour et al., 2000) et en Europe du Sud (Caeiro, 1999) (Figure 11). Bien que *B. bovis* et *B. bigemina* aient la même distribution, *B. bigemina* est plus prévalent en Afrique en raison de la capacité de *R. (Boophilus) decoloratus* et *R. evertsi* à transmettre le parasite protozoaire (Pohl, 2013).

5. Biologie du parasite

5.1. Étiologie et morphologie

La babésiose est plus connue sous le nom de piroplasmose, fièvre des tiques (tick fever), fièvre du Texas (Texas fever) et fièvre de l'eau rouge (Red water fever) (Sahinduran 2012). Les Babésies sont des organismes unicellulaires eucaryotes classés comme des parasites *Apicomplexes* du sous-ordre des *Piroplasmida*, de la famille des *Babesiidae* et du genre *Babesia* en raison de leur invasion exclusive dans les érythrocytes, de leur multiplication par division plutôt que par schizogonie et de l'absence d'hémozoïne (Saad et al., 2015).

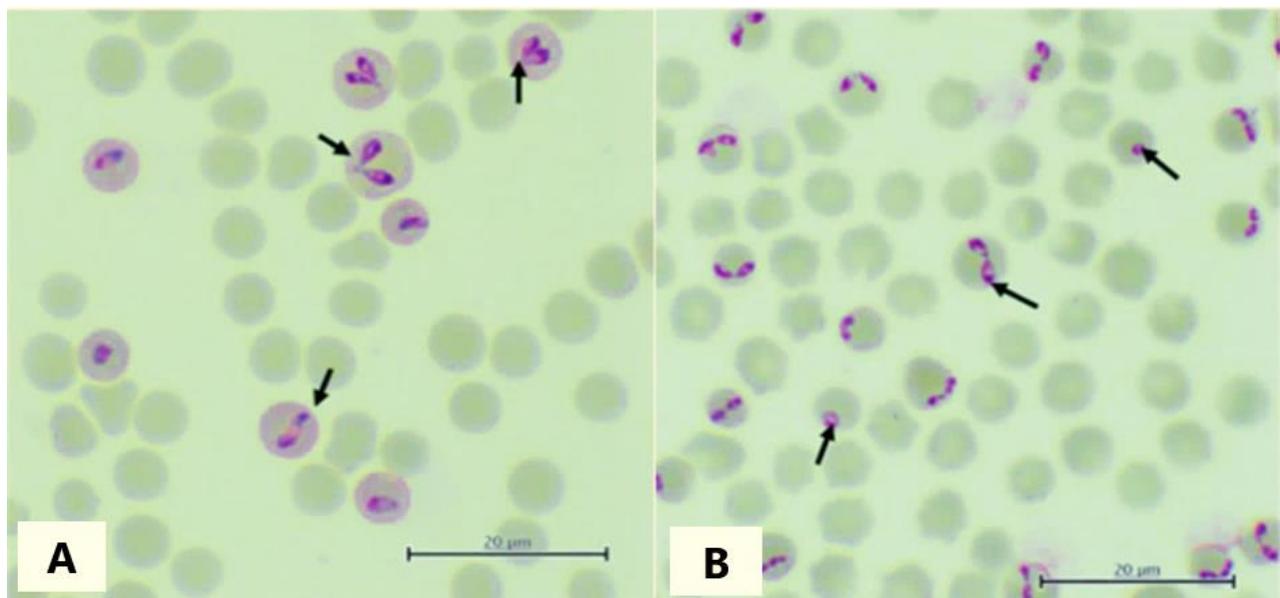


Figure 12. Hématises colorées au Giemsa contenant des inclusions intra-érythrocytaires du genre *Babesia* (flèches pointées). (A) *B. bigemina*, (B) *B. bovis* (Almazán et al., 2022).

À l'observation du frottis sanguin coloré au May Grünwald Giemsa (MGG), les babésies apparaissent en forme de poires ou annulaires (Figure 12) (Marchal, 2011). On distingue deux types de babésies selon leur taille dans les érythrocytes : les petites babésies, de 1,0 à 2,5 μm de long, et les grandes babésies, de 2,5 à 5,0 μm de long, qui sont respectivement plus petites et plus longues que le rayon de l'érythrocyte (Chauvin et al. 2009). *B. bigemina* appartient aux grandes babésies ayant un diamètre supérieur à celui de l'hématie et *B. bovis* appartient au groupe des petites babésies ayant un diamètre inférieur à celui de l'hématie (Alvarez et al., 2019).

5.2. Cycle de reproduction

Le cycle des babésies (Figure 13) est un cycle dixène, ce qui signifie que deux hôtes sont nécessaires (Maslin et al., 2004) : La tique constitue l'hôte définitif, car elle permet à la fois une reproduction sexuée (la gamogonie) et une reproduction asexuée (la sporogonie). Le bovin joue le rôle d'hôte intermédiaire, où seule une reproduction asexuée se produit (la mérogonie).

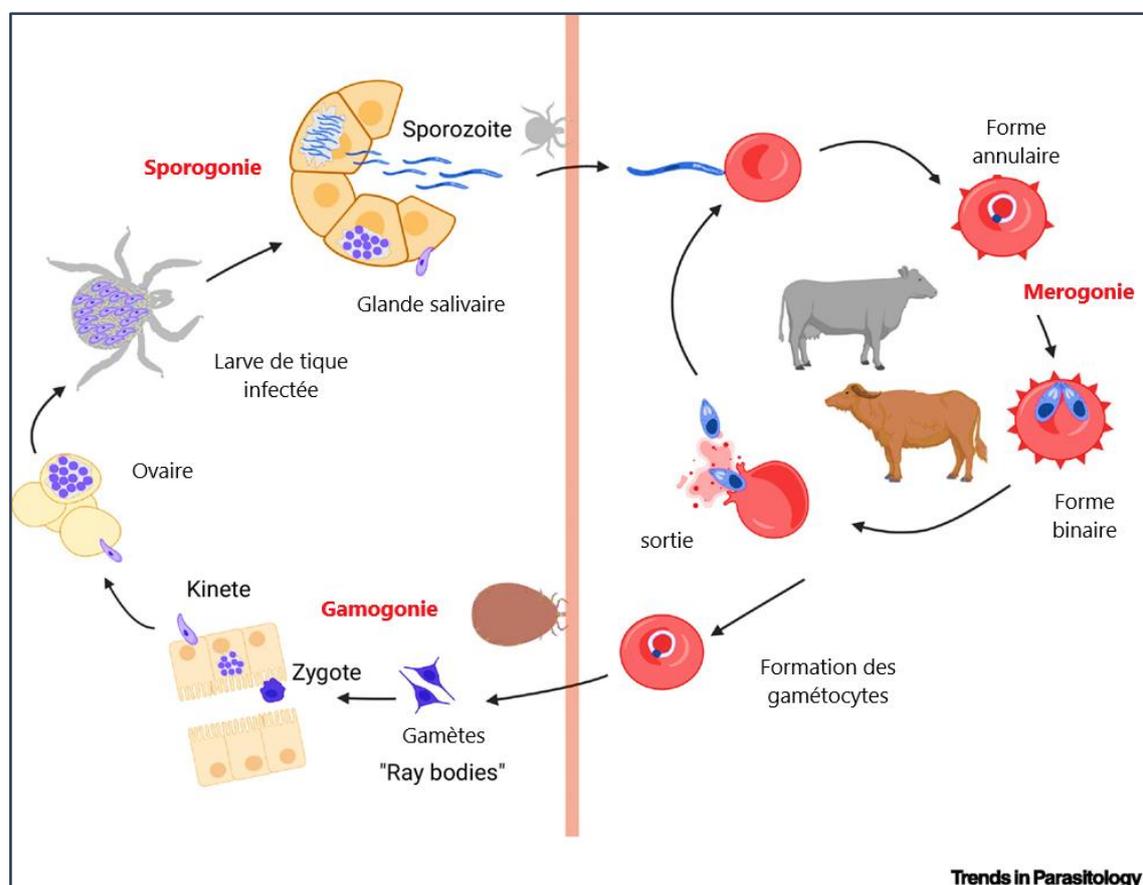


Figure 13. Cycle de reproduction de la babésiose bovine à *B. bovis* (Hakimi et Verocai, 2023).

Le parasite *Babesia se* transmet naturellement par voie transovarienne par la piqûre de larves et de nymphes de tiques Ixodidés infectées pour *B. bovis* et *B. bigemina*, respectivement. Les sporozoïtes mobiles stockés dans les glandes salivaires des tiques sont injectés dans l'hôte mammifère, où ils infectent les érythrocytes (Chauvin et al., 2009). Une fois à l'intérieur de l'érythrocyte, les sporozoïtes se développent en trophozoïtes, où une fusion binaire a lieu, formant des mérozoïtes. Les mérozoïtes quittent les érythrocytes infectés et réinfectent d'autres érythrocytes. Certains trophozoïtes subissent une gamétogenèse dans l'intestin moyen de la tique et se développent en formes de « Strahlenkörper ». Ceux-ci fusionnent pour former des zygotes, qui se transforment ensuite en kinètes mobiles. Par l'intermédiaire de l'hémolymphe de la tique, les kinètes mobiles pénètrent dans différents organes de la tique, y compris l'ovaire, où ils peuvent accéder aux œufs de tique, ce qui conduit à une transmission transovarienne. Enfin, les parasites atteignent les glandes salivaires de la larve de la génération suivante de tiques, où ils forment des sporoblastes multinucléés. Les sporozoïtes qui en résultent sont ensuite injectés dans le mammifère hôte lorsque les tiques prennent un repas sanguin (Hunfeld et al., 2008). L'inoculation de sporozoïtes de *Babesia* par les larves (*B. bovis*) ou les nymphes (*B. bigemina*) des tiques vectrices *Rhipicephalus* à des animaux non infectés « naïfs » peut entraîner une babésiose aiguë.

6. Transmission

Les espèces du genre *Babesia* sont transmises biologiquement par le biais du vecteur tique par la voie transovarienne qui transmet de l'œuf de la tique mère (première génération) au stade suivant (Demessie et Derso, 2015). La babésiose bovine est transmise par une tique vectrice hôte (*Boophilus* spp.). *B. bigemina* et *B. bovis* sont transmises biologiquement par les tiques *Boophilus*, dont les nymphes et les adultes transmettent *B. bigemina*, mais seules les larves de tiques transmettent *B. bovis* (Esmailnejad et al., 2015). Elle est également transmise mécaniquement par des aiguilles et des seringues infectées, des transfusions sanguines et des instruments chirurgicaux.

7. Epidémiologie de la babésiose bovine

Elle dépend d'un certain nombre de facteurs liée à l'animal, notamment :

7.1. Age

Chez les jeunes animaux, le taux d'infection est faible en raison d'une immunité innée renforcée par les anticorps maternels transmis aux veaux par le colostrum (Fadly, 2012). Cette protection n'est encore totalement définie. Les anticorps maternels sont associés aux érythrocytes foetaux, qui semblent inhiber la croissance des babésies protégeant les jeunes animaux (Levy et al., 1982).

Ils ont également une immunité plus rapide et efficace que celle d'un adulte (Gallego-Lopez et al., 2019 ; Bock et al., 2004). Quel que soit le mécanisme de cette immunité, elle offre aux bovins de moins de neuf mois une protection pendant au moins deux ans contre les signes cliniques avec une seule inoculation (Mahoney et Ross, 1972). L'immunité est également prolongée si de nouveaux contacts avec le parasite ont lieu pendant cette période. La présence d'un contact avant neuf mois et de contacts réguliers après permet donc à un bovin d'être immunisé à vie contre la babésiose sans jamais avoir montré de signes cliniques.

7.2. Race

De nombreuses espèces peuvent être infectées par *B. bovis* et *B. bigemina*, mais la sensibilité à chacune d'entre elles varie ; seuls les bovins domestiques (*Bos taurus*) sont très sensibles à cette maladie (Bock et al., 2004 ; Maslin et al., 2004). De même, les races locales présentent une plus grande résistance à la babésiose que les races exotiques. En raison de l'exposition naturelle des populations de tiques pendant une longue période, celles-ci ont développé une immunité innée ou une capacité innée à développer une bonne réponse immunitaire à la tique (Wodaje et al., 2019).

7.3. Statut immunitaire

Dans les zones endémiques, les jeunes animaux acquièrent une immunité passive à partir du colostrum de la mère et ne souffrent donc souvent que d'infections transitoires avec des signes peu graves. Ces infections sont suffisantes pour stimuler l'immunité active et permettre aux animaux de devenir porteurs pendant une longue période. L'immunité active est responsable de l'état de persistance du porteur et de la prémunité. Ces animaux se débarrassent de leur infection soit naturellement, soit par chimiothérapie, mais conservent une immunité solide (Taylor et al., 2007). Benavides et Sacco (2007) ont classé les bovins domestiques (*Bos taurus*) en trois phénotypes différents en fonction de la sensibilité à l'infection par *B. bovis* : les animaux sensibles qui présentent des signes cliniques graves conduisant à la mort, les animaux intermédiaires qui présentent des signes cliniques légers et les animaux résistants qui présentent rarement des signes cliniques.

7.4. Virulence des espèces de *Babesia*

B. bovis est plus pathogène que *B. bigemina* (CFSPH, 2008). De nombreux parasites sanguins (hémoparasites) survivent au système immunitaire de l'hôte grâce à une variation antigénique rapide, ce qui a été confirmé pour *B. bovis* et *B. bigemina* (Bock et al., 2004).

7.5. Facteurs de stress

La prévalence de la babésiose est affectée par les variations saisonnières qui sont également influencées par le pic de la population de tiques. Parmi les facteurs climatiques, la sécheresse et la température sont les plus importants en raison de leur effet sur l'activité des tiques ; des températures plus élevées augmentent leur présence (Menshawy et al., 2018). L'infection par *Babesia* spp. chez les bovins atteint son pic pendant la saison estivale (El Bahy et al., 2018).

8. Signes cliniques et lésions

Les périodes d'incubation de *B. bovis* et *B. bigemina* sont respectivement de 6 et 15 jours (Gray et Herwaldt, 2019). Pendant la phase aiguë de la maladie, le premier signe clinique est la fièvre, et c'est durant cette période que les stades intracellulaires sont détectés dans les érythrocytes. La parasitémie dans les frottis sanguins pendant la phase aiguë varie de 0,1 à 36 % (de León et al., 2014). À chaque fois que la parasitémie augmente, la température corporelle de l'hôte s'élève entre 40,0 et 41,5 °C et persiste pendant 3 jours ou plus. D'autres signes tels que l'anorexie, l'hémoglobinémie, l'hémoglobinurie, l'ictère, la constipation, la déshydratation et l'avortement associés à une forte fièvre chez les bovins gestants peuvent apparaître (Figure 14) (Bock et al., 2004). Au fur et à mesure de la progression de la maladie, les animaux deviennent léthargiques, présentant une atrophie musculaire, des tremblements, un décubitus, un coma terminal et la mort (Nicholson et al., 2019). *B. bovis* est hautement pathogène, provoquant des signes neurologiques en raison de l'adhérence des érythrocytes infectés aux capillaires endothéliaux cérébraux (Bock et al., 2004).



Figure 14. Signes cliniques de la babésiose chez une vache infectée présentant une muqueuse vaginale ictérique (A) et des urines rouge foncé à brunes (B) (Hashem et al., 2018).

Les lésions macroscopiques produites par *Babesia* spp. chez les bovins comprennent l'hypertrophie de la rate « splénomégalie » et du foie « hépatomégalie », la distension de la vésicule biliaire, la congestion et la coloration foncée des reins, l'anémie, l'ictère, la congestion générale, les hémorragies pétéchiales, l'œdème des poumons et la coloration rose de la matière grise du cerveau (Figure 15) (Bock et al., 2004).

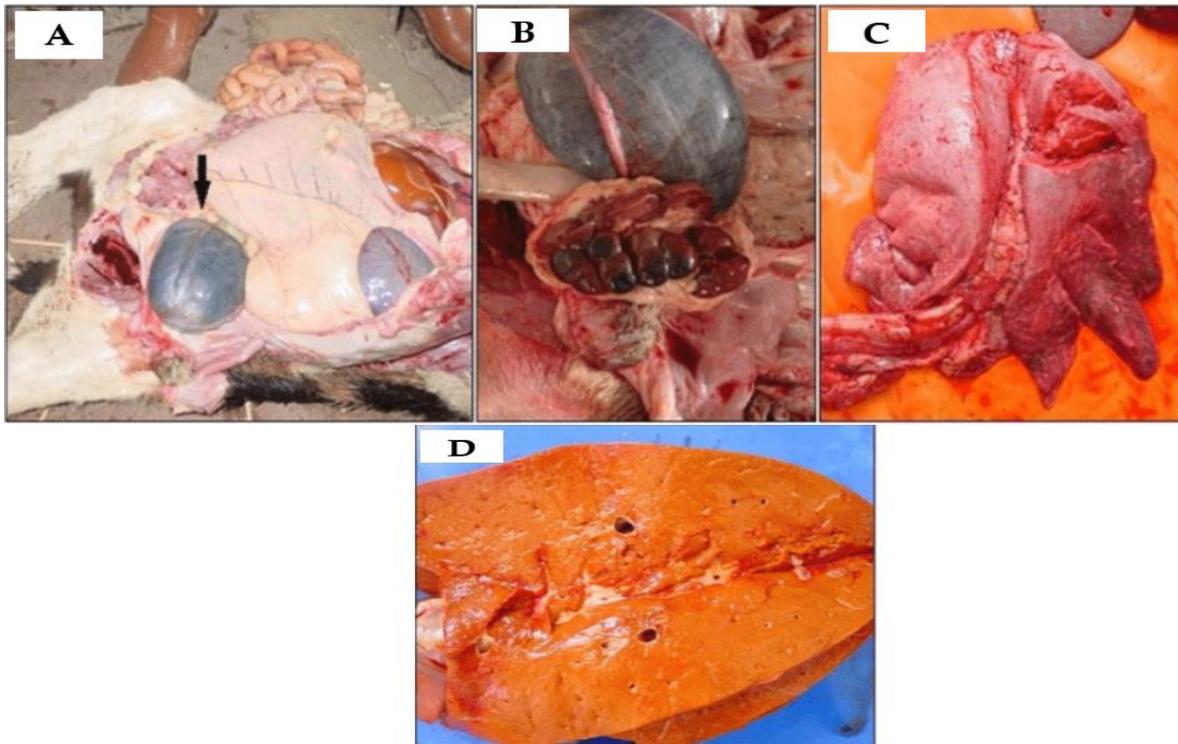


Figure 15. Lésions post-mortem de la babésiose bovine causée par *B. bigemina*. Vessie urinaire hypertrophiée contenant une urine de couleur foncée (A), dégénérescence des reins (B), œdème pulmonaire (C), foie ictérique (D) (Ceylan et al., 2021).

9. Diagnostic

Sur le terrain, le diagnostic commence par une suspicion clinique liée à l'épidémiologie de la babésiose (Maslin et al., 2004). Il est possible d'effectuer des diagnostics de confirmation en supplément. Les méthodes de diagnostic direct jouent un rôle crucial dans l'identification du parasite. Les frottis sanguins colorés au May Grünwald Giemsa (MGG) ou à la coloration rapide (RAL) sont très utiles cliniquement, mais demeurent précoces et peu sensibles. Bien que l'identification directe des *Babesia* spp. dans les frottis sanguins soit utile lors de la phase aiguë de

la maladie, elle perd en efficacité lors de la phase chronique, car la parasitémie est généralement faible (<1 %) et les animaux sont infectés de manière subclinique (Alvarez et al., 2019). La PCR met en évidence l'ADN du parasite avec de très bonnes sensibilité et spécificité. Elle permet de détecter les porteurs chroniques, mais coûte cependant cher et demande des compétences particulières pour sa réalisation (Alvarez et al., 2019). De plus, de manière générale, les méthodes de détection directe du parasite ne permettent pas une bonne détection des porteurs asymptomatiques et sont donc moins adaptées dans le cadre de surveillance épidémiologique (Dominguez et al., 2012).

Les méthodes sérologiques sont plus adaptées à ces enquêtes ou plus occasionnellement à l'évaluation du statut d'un animal que l'on veut déplacer. Selon Maslin et al. (2004), les méthodes les plus fréquentes sont l'IFAT (Indirect Fluorescent Antibody Test) et l'ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay), car elles offrent une détection précoce et rapide de la babésiose à un coût abordable (Dominguez et al. 2012).

10. Pronostic et conséquences

Si les animaux ne sont pas protégés contre la babésiose, les conséquences sont graves, avec des taux de mortalité allant de 30 à 60 pour cent pour *B. bigemina* et de 70 à 80 % pour *B. bovis*. C'est le cas, par exemple, des animaux importés des régions tempérées vers les régions tropicales et des races sélectionnées pour leurs rendements élevés (Troncy et al. 2000). Les races traditionnelles sont généralement protégées et ont donc une morbidité et une mortalité plus faibles. Cependant, lorsque les parasites sont peu nombreux, la protection peut parfois faire défaut. Cela peut se produire lors de périodes de lutte chimique importante ou lors des changements climatiques réduisant la pression parasitaire. Les conséquences économiques peuvent être graves en raison des coûts d'élimination et des pertes de production qui en résultent. Il est donc important de contrôler ces parasites et leurs conséquences (Bock et al., 2004).

11. Traitement

L'efficacité du traitement de la babésiose dépend d'un diagnostic précoce, accompagné d'une administration rapide de drogues chimiothérapeutiques. La chimiothérapie de la babésiose est essentielle non seulement pour contrôler les cas de maladie sur le terrain, mais aussi pour contrôler les infections induites artificiellement. Actuellement, les deux seuls médicaments anti-*Babesia* disponibles pour le traitement de la babésiose chez les ruminants sont l'acéturate de diminazène et le dipropionate d'imidocarbe (Gohil et al., 2013). L'imidocarbe est devenu le produit de choix dans

les pays qui l'ont autorisé, car, en plus de son efficacité thérapeutique, il s'est avéré être un médicament prophylactique efficace à une dose deux fois plus élevée que la dose thérapeutique. Bien qu'il ne parvienne pas à éliminer complètement les babésies, le bovin demeure porteur chronique pendant plusieurs années (Bock et al., 2004 ; Dominguez et al., 2012). Cependant, la présence de résidus de médicaments dans la viande et les produits laitiers à la suite d'un traitement prolongé a conduit au retrait de son utilisation dans de nombreux pays européens (de Waal et Combrink, 2006 ; Mosqueda et al., 2012 ; Gohil et al., 2013). Le diminazène d'acéturate (Veriben[®], Survidim[®]) est utilisé dans les régions tropicales, mais a été retiré du marché européen pour des raisons commerciales. Bien qu'il soit principalement utilisé pour son action anti-trypanosomale, il est également efficace contre les babésies à une dose de 3,5 mg/kg (Bock et al., 2004). Son temps d'attente pour la viande est de 21 jours, ce qui est nettement inférieur à celui de l'imidocarbe. L'oxytétracycline a été largement utilisée en traitement curatif ou préventif, mais a été délaissée avec l'introduction de l'imidocarbe (Troncy et al., 2000).

Enfin, il est essentiel que le traitement antibabésien soit associé à un traitement symptomatique lorsque l'état du bovin l'exige. Cela peut inclure des interventions telles que des transfusions sanguines, l'administration d'anti-inflammatoires, une fluidothérapie ainsi que des suppléments nutritionnels (Ayard, 2020).

12. Prévention et contrôle

Le contrôle de la babésiose est essentiellement basé sur l'immunisation (vaccination), la chimioprophylaxie et la lutte contre les tiques ou sur une combinaison de ces approches (Suarez et Noh, 2011). Les trois méthodes doivent être combinées pour obtenir les meilleurs résultats dans le contrôle de la maladie et pour prévenir la résistance des races et la stabilité enzootique. La chimioprophylaxie n'étant pas efficace à long terme, l'immunisation est une méthode alternative efficace pour faire face aux épidémies de babésiose, en utilisant le parasite entier vivant ou mort et l'antigène parasitaire isolé (Yusuf, 2017).

Dans les zones endémiques, où tous les bovins de race locale sont infectés au moment de leur naissance, aucune mesure de lutte n'est généralement nécessaire. Le maintien de l'état enzootique stable dépend de l'exposition des veaux à l'infection pendant qu'ils sont les plus résistants. Si l'infection reste sporadique, une vaccination continue des veaux d'une année sur l'autre peut s'avérer nécessaire (El Sawalhy, 2012). La réduction du nombre de tiques diminuera le risque de babésiose en raison de la réduction de l'exposition naturelle des animaux. Les animaux affectés doivent être traités dès que possible avec un traitement approprié pour contrôler la babésiose dans

certaines régions du monde (Kuttler, 1981). L'utilisation abusive de substances prophylactiques anti-*Babesia*, y compris l'administration de médicaments à des niveaux sanguins sublétaux aux animaux, peut entraîner le développement de parasites résistants aux médicaments, un problème qui nécessitera le développement de nouveaux médicaments (Vial et Gorenflot, 2006).

B. THEILÉRIOSE TROPICALE (*Theileria annulata*)

1. Définition

La theilériose tropicale bovine est une maladie transmise par les tiques du genre *Hyalomma* spp., causée par un protozoaire, *T. annulata* (Bilgic et al., 2019). Ce parasite peut affecter le système immunitaire de l'hôte et endommager les globules rouges, entraînant divers degrés d'anémie (Pandey et al., 2017). Cette affection provoque des pertes de production ainsi qu'une augmentation des taux de mortalité et de morbidité chez les animaux infectés (Rashid et al., 2018).

T. annulata est le piroplasma le plus prévalent affectant les bovins en Algérie. Selon Ziam et Benaouf (2004), la prévalence de *T. annulata* a été estimée à 53,7 % à partir de l'examen de frottis sanguins colorés au Giemsa. Plus récemment, Ziam et al. (2015) ont évalué la prévalence moléculaire de *T. annulata* à 36,8 % chez des bovins cliniquement sains sélectionnés de manière aléatoire.

2. Historique

T. annulata a été découverte pour la première fois chez les bovins de race transcaucasienne en 1904 et a initialement été nommée *Piroplasma annulatum*. Elle a été reclassifiée sous le nom de *T. annulata* après l'identification du stade schizonte dans son cycle de vie (Weir, 2006). Entre 1915 et 1945, sous la direction d'Edmond Sergent, l'équipe de l'Institut Pasteur d'Alger a exploré divers aspects de la theilériose à *T. annulata*, notamment ses dimensions épidémiologiques, pathologiques et immunologiques. Ils ont démontré que *H. scupense*, également connu sous le nom de *H. detritum*, joue un rôle clé dans la transmission du parasite et ont identifié un stade sexué dans son cycle de vie. De plus, ils ont constaté que les animaux qui survivaient à la phase aiguë de la maladie bénéficiaient d'une prémunition, due à une tolérance immunitaire envers le parasite. Ces travaux ont conduit à la mise au point d'un vaccin atténué, obtenu par des passages successifs sur des veaux (Sergent et al., 1945). Entre 1933 et 1939, ce vaccin a permis de prémunir environ 20 000 bovins en Afrique du Nord, entraînant une diminution notable des taux de mortalité (Sergent et al., 1927).

3. Tiques vectrices

Quatre espèces de tiques du genre *Hyalomma* spp. sont impliquées dans la transmission de *T. annulata* dans au moins huit pays africains, à savoir l'Algérie, l'Égypte, l'Éthiopie, la Mauritanie, le Maroc, le Soudan, le Soudan du Sud et la Tunisie (Figure 16 et Tableau II). Parmi ces espèces,

H. scupense et *H. anaticum* sont les principaux vecteurs responsables de deux modes de transmission distincts, exerçant une influence marquée sur l'épidémiologie de la theilériose tropicale. En outre, *H. dromedarii* et *H. lusitanicum* peuvent également transmettre *T. annulata* en Afrique du Nord, bien que leur rôle soit généralement limité à des systèmes de production spécifiques et à des contextes agroécologiques particuliers (Gharbi et al., 2020).

Tableau II. Espèces de tiques reconnues comme vecteurs de *T. annulata* dans les huit pays africains où la theilériose tropicale est endémique (d'après Gharbi et al., 2020).

Pays	Tiques vecteurs	Hôtes
Algérie	<i>H. scupense</i> <i>H. lusitanicum</i> ^a	Bovins
Égypte	<i>H. anaticum</i> <i>H. dromedarii</i> ^a	Bovins, buffles d'eau et Dromadaire
Éthiopie	<i>Hyalomma</i> spp. (Espèces non identifiées)	Bovins
Mauritanie	<i>H. dromedarii</i>	Bovins et Dromadaire
Maroc	<i>H. scupense</i> <i>H. lusitanicum</i> ^a	Bovins
Soudan	<i>H. anaticum</i> <i>H. dromedarii</i> ^a	Bovins
Soudan du Sud	Non identifiées	Bovins
Tunisie	<i>H. scupense</i>	Bovins

^a Vecteurs suspectés nécessitant des investigations plus approfondies pour confirmer leur rôle en tant que vecteurs naturels de *T. annulata*.



Figure 16. Principal vecteur de *Theileria annulata* en Afrique du Nord : *H. scupense* (Photo prélevée par Grech-Angelini et al., 2016).

4. Distribution géographique

La théilériose tropicale bovine est une maladie affectant les bovins sur trois continents : l'Europe méridionale, l'Afrique (notamment la Mauritanie, l'Afrique du Nord et le Soudan) et l'Asie (s'étendant de la région méditerranéenne à la Chine). Cette vaste zone géographique génère un polymorphisme épidémiologique, influencé par : (a) la diversité des vecteurs – plusieurs espèces de tiques du genre *Hyalomma*, telles que *H. scupense*, *H. lusitanicum*, *H. anatolicum* et *H. dromedarii*, qui transmettent *T. annulata*, (b) les races de bovins, et (c) les facteurs abiotiques (Figure 17) (Weir et al., 2011).

En Algérie, au Maroc et en Tunisie, où une grande diversité de zones bioclimatiques est observée sur des espaces géographiques relativement restreints, plusieurs études ont montré que la maladie se distribue principalement dans les régions humides, sous-humides et semi-arides (Darghouth, 2000). La relation entre la distribution de la maladie et les conditions bioclimatiques semble complexe, car des taux de prévalence élevés ont été enregistrés dans les zones semi-arides et sous-humides (Darghouth, 2000).

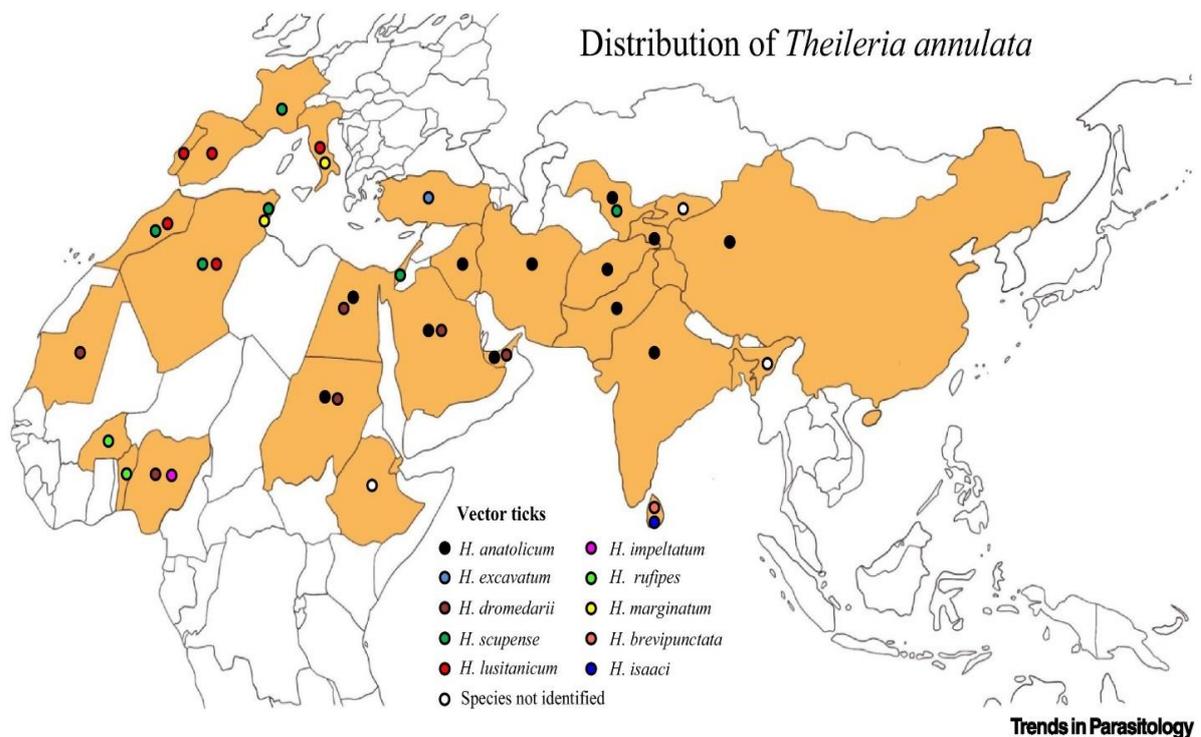


Figure 17. Distribution géographique des tiques vectrices de *T. annulata* (Liu et al., 2022).

5. Biologie du parasite

5.1. Étiologie et morphologie

Les parasites *Theileria* sont des protozoaires intracellulaires obligatoires du phylum *Apicomplexa*, de l'ordre des *Piroplasmida*, de la famille des *Theileriidae* et du genre *Theileria*. Bien qu'ils soient proches des *Babesia*, ils se distinguent par leur développement dans les leucocytes avant d'infecter les érythrocytes. La théilériose tropicale est causée par le protozoaire *T. annulata*. Les schizonts, étant le stade le plus pathogène, transforment les leucocytes, induisant leur prolifération continue et incontrôlée (Von Schubert et al., 2010). Ces schizonts se développent ensuite en piroplasmies qui, après avoir infecté les érythrocytes, peuvent être ingérés par les tiques lors de leur repas sanguin (Liu et al., 2022).

5.2. Cycle de reproduction

Le cycle de vie de *T. annulata* comprend deux phases principales : la première a lieu chez la tique vectrice de la famille des Ixodidae, et la seconde se déroule chez l'hôte bovin (Figure 18).

5.2.1. Chez la tique

La première phase du cycle de *T. annulata* se déroule chez une tique appartenant au genre *Hyalomma*. Les nymphes se contaminent en se nourrissant du sang d'un bovin infecté par *T. annulata*. Le parasite se développe dans l'intestin de la nymphe, où il subit une phase de gamétogonie, produisant des gamètes qui fusionnent pour former un zygote. Ce dernier envahit les cellules intestinales de la tique. La nymphe entre ensuite en diapause pendant l'hiver. Avec l'arrivée de conditions climatiques plus chaudes, le zygote se transforme en kinète mobile au moment de la mue de la tique, migre vers les glandes salivaires, où il subit une division nucléaire sans cytodivision complète pour former un sporoblaste. Lors d'un repas sanguin, ce sporoblaste génère un grand nombre de sporozoïtes dans les glandes salivaires de la tique (Dobbelaere et Heussler, 1999).

5.2.2. Chez le bovin

Lors de la deuxième phase, le bovin est contaminé par une ou plusieurs tiques adultes porteuses du parasite. Les sporozoïtes de *T. annulata*, présents dans la salive de la tique, sont transmis à l'hôte bovin lors du repas sanguin, généralement au troisième ou quatrième jour de fixation de la tique sur l'animal. Peu après la morsure, les sporozoïtes pénètrent dans les lymphocytes, les monocytes ou les macrophages bovins, où ils se transforment en trophozoïtes. Deux à trois jours

après l'infection, ces trophozoïtes évoluent en macroschizontes multinucléés, qui se multiplient en provoquant la division des cellules infectées, entraînant ainsi leur transformation (Dobbelaere et Rottenberg, 2003). Ces cellules parasitées envahissent les ganglions lymphatiques drainant le site de la morsure, puis se propagent dans divers organes.

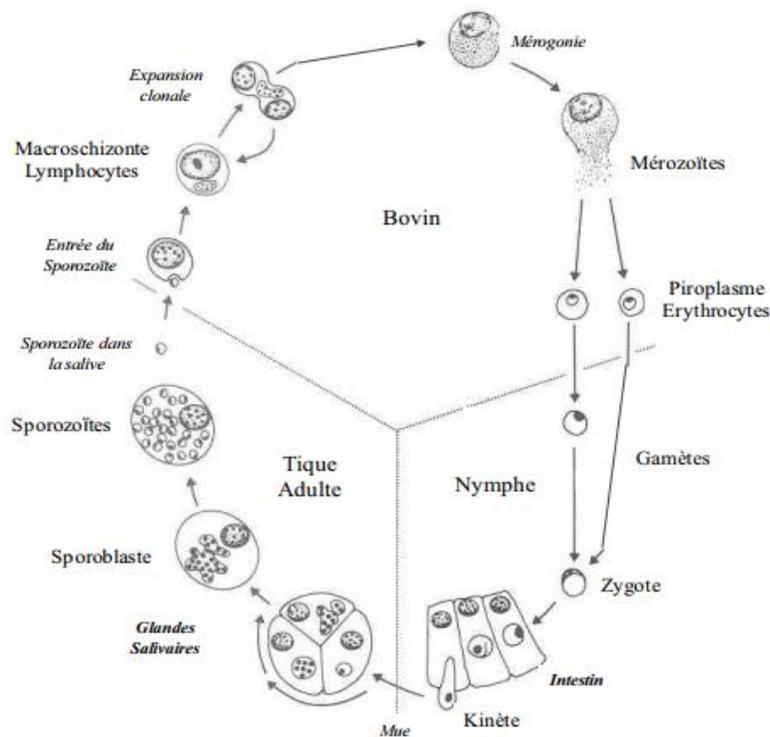


Figure 18. Cycle de vie de *T. annulata*. Le parasite *Theileria* suit un cycle de vie en deux phases. La première se déroule chez la tique, tandis que la seconde se développe chez le bovin après qu'une tique vectrice, porteuse des parasites dans ses glandes salivaires, ait mordu l'animal. Les parasites inoculés infectent alors les lymphocytes, les monocytes ou les macrophages de l'hôte bovin. (<http://www.ilri.org/InfoServ/Webpub/fulldocs/Irad90/Theile.htm>).

Parallèlement, une partie des macroschizontes se différencie en mérozoïtes par mérogonie, provoquant la destruction des cellules hôtes. Les mérozoïtes libérés infectent alors les érythrocytes, où ils se transforment en piroplasmes. Les globules rouges infectés sont ensuite ingérés par d'autres tiques au cours d'un repas sanguin (Dobbelaere et Heussler, 1999).

Le parasite intracellulaire *Theileria* induit une transformation des leucocytes mononucléés après l'infection. En conditions in vitro, les cellules infectées par *T. annulata* présentent une prolifération accrue indépendante des cytokines et facteurs de croissance (Dobbelaere et Heussler, 1999). In

vivo, ces cellules montrent une forte capacité de migration et d'invasion, formant des tumeurs lorsqu'elles sont injectées à des souris immunodéficientes. Elles sont également capables d'envahir les tissus lymphoïdes et non lymphoïdes (Lizundia et al., 2006).

6. Épidémiologie de la maladie

6.1. Épidémiologie descriptive

En Algérie, la theilériose tropicale des bovins est une protozoose qui se manifeste principalement pendant la période estivale allant de mai à septembre (Sergent et al., 1945 ; Gharbi et al., 2014). La saisonnalité de la maladie est directement liée à l'activité du vecteur. La période prépatente dure environ 15 jours après les repas infectieux des tiques (Sergent et al., 1945 ; Gharbi et al., 2014). Des études menées dans la région Est montrent que la theilériose tropicale persiste de la fin mai à septembre, avec un pic d'incidence en juillet (Toudert et al., 2003). Ces épidémies sont principalement dues à la spécificité du vecteur, une tique endophile vivant dans les écuries, capable de reprendre son cycle biologique à tout moment lorsque les conditions climatiques le permettent. La theilériose tropicale est présente dans toute la région nord algérienne où la tique *H. scupense* est commune (Sergent et al., 1945 ; Gharbi et al., 2014).

6.2. Épidémiologie analytique

6.2.1. Mode de transmission

T. annulata est principalement transmise via la salive des tiques adultes, qui libèrent les sporozoïtes dès le troisième jour de leur prise de sang. Bien que la transmission par des seringues souillées soit envisageable, elle joue un rôle secondaire dans la dynamique épidémiologique de la theilériose tropicale (Gharbi et al., 2014).

6.2.2. Sources du parasite

Les tiques adultes infectées du genre *Hyalomma* constituent les sources directes de parasites, transmettant la maladie lors de leur repas sanguin (voir tableau II et figure 16) (Sergent et al., 1924). En revanche, les sources secondaires incluent les bovins porteurs chroniques de *T. annulata*, où le parasite subsiste grâce à une prolifération lente des macroschizontes dans les leucocytes et des mérozoïtes dans les érythrocytes (Sergent et al., 1945 ; Gharbi et al., 2014). Ces bovins jouent également un rôle clé en infectant les larves et les nymphes des tiques lors de leur repas sanguin (Gharbi et al., 2014).

6.2.3. Réceptivité

Les facteurs tels que l'espèce, la race et l'âge jouent un rôle déterminant dans la réceptivité des animaux à l'infection par *T. annulata* (Gharbi et al., 2014). Les bovins sont réceptifs à la theilériose tropicale (Gharbi et al., 2014). Les bovins sauvages expriment une gamme variée d'intensités d'infection. Certaines races bovines sont plus sensibles à la theilériose tropicale que d'autres. Par exemple, le zèbu Sahiwal développe une forme clinique moins grave que le Holstein (Glass et al., 2005). Les races locales montrent une résistance à l'infection par *T. annulata* et peuvent rester porteuses jusqu'à 11 ans (Sergent et al., 1945). En revanche, les bovins exotiques sont hautement sensibles à cette infection, pouvant causer des pertes économiques considérables (Aït Hamou et al., 2012). Par ailleurs, les races améliorées, telles que la Frisonne française, la Pie noire, l'Holstein, la Montbéliarde ou les individus issus de leurs croisements, sont plus sensibles (Sergent et al., 1945 ; Gharbi et al., 2014).

La sensibilité des bovins à la theilériose tropicale semble être régulée par des réponses immuno-pathogéniques à l'infection. Cela se manifeste particulièrement chez les animaux indigènes qui ont coexisté depuis longtemps avec le parasite, contrairement aux races exotiques qui ne sont pas adaptées à cette interaction. Cette sensibilité accrue pourrait également être amplifiée par les exigences de production accrue pour lesquelles ces races ont été sélectionnées (Glass, 2001).

En région méditerranéenne, *H. scupense* joue un rôle crucial dans la transmission de *T. annulata*, et la maladie est relativement rare chez les jeunes veaux (Gharbi et al., 2014). Durant leur première saison d'exposition aux tiques, les veaux sont faiblement infestés par *H. scupense* par rapport aux animaux adultes, étant donc moins susceptibles à une infection naturelle (Bouattour et al., 1996).

6.2.4. Facteurs favorisants

Trois facteurs principaux favorisent la theilériose tropicale : les modes d'élevage, l'état de l'étable et les conditions climatiques.

6.2.4.1. Mode d'élevage

Étant donné que la tique vectrice *H. scupense* est endophile, les animaux élevés en plein air présentent un risque d'infection plus faible par rapport à ceux qui vivent dans des étables. En outre, Sergent et al. (1945) avaient déjà suggéré de maintenir les bovins à l'écart des étables pendant toute la période estivale pour réduire l'incidence de la theilériose tropicale. Dans d'autres régions du monde, comme la péninsule ibérique, où *H. lusitanicum* est exophilique, le pâturage représente au contraire un facteur de risque important (Viseras et al., 1999).

6.2.4.2. Etat de l'étable

D'après Gharbi et al. (2014), les étables mal conçues et mal entretenues, avec des murs présentant des crevasses et des fissures ainsi que des tas de bouses (utilisées comme combustible dans des fours traditionnels), offrent des conditions propices à la ponte des femelles et à l'hibernation des nymphes de *H. scupense* (voir Figure 19). En revanche, les étables bien conçues et bien entretenues, avec des murs lisses et sans irrégularités, n'hébergent généralement pas de tiques.



Figure 19. Élevage de bovins croisés dans une situation d'enzootie stable pour la theilériose tropicale bovine. Remarquez l'état des murs, un bon indicateur de la présence de *H. scupense* (Gharbi et al., 2014).

6.2.4.3. Age

L'âge est un facteur déterminant influençant au moins quatre paramètres : (a) la moindre attractivité des veaux pour les tiques, comme le démontre une étude menée dans des élevages situés en zone d'enzootie stable à la theilériose tropicale, où l'on a observé une infestation moyenne de 75,8 tiques par vache et par saison, comparée à 50,6 et 12,4 tiques par veau et par saison chez les mâles et femelles respectivement (Gharbi et al., 2013) ; (b) l'accumulation d'infections successives, confirmée par une analyse génétique des populations de *T. annulata* dans des élevages en situation d'enzootie stable, révélant un état de panmixie parmi les isolats turcs et tunisiens (Weir et al., 2011) ; (c) la présence d'anticorps transmis par le colostrum ; et (d) une tolérance accrue des veaux envers les hémoparasites, phénomène également documenté lors d'infections par d'autres hémopathogènes.

6.2.4.4. Conditions climatiques

Les facteurs climatiques jouent un rôle essentiel en régulant l'activité des tiques. En Tunisie, les épisodes de sirocco, caractérisés par un vent violent, sec et chaud en provenance du Sahara, provoquent, au début de l'été, une émergence massive de vagues de tiques sortant de leurs refuges d'hibernation. Cela engendre une augmentation différée de l'incidence de la theilériose tropicale. Sergent et al. (1945) ont observé que les cas cliniques de theilériose tropicale étaient plus graves durant ces épisodes de sirocco, en raison d'une infestation accrue par les tiques pendant ces périodes.

6.3. Épidémiologie synthétique

La sensibilité des bovins à l'infestation par les tiques et à *T. annulata* (Bakheit et Latif, 2002), combinée aux facteurs biophysiques et socio-économiques, engendre un gradient de transmission allant d'une infection généralisée de l'ensemble du troupeau à une absence totale d'infection. En conséquence, la dynamique de transmission de la theilériose tropicale se caractérise par deux états endémiques principaux : la stabilité endémique et l'instabilité endémique (Darghouth et al., 1996).

6.3.1. Stabilité endémique

Dans un état de stabilité endémique pour la theilériose tropicale, la majorité des bovins sont des races locales. Les nombres de tiques et de bovins porteurs sont suffisants pour permettre des infections primaires précoces chez les veaux, à quelques semaines ou mois de vie, et pour garantir une superinfection continue. Cependant, la maladie est rare en raison de la faible sensibilité des populations locales aux tiques et à *T. annulata* (Bakheit et Latif, 2002 ; Glass et al., 2005). Cela est également dû à une exposition limitée à *Theileria* lors des infections primaires, due à une charge parasitaire beaucoup plus faible chez les veaux par rapport aux bovins adultes, comme observé en Tunisie et au Maroc (Bouattour et al., 1996), et dans une moindre mesure au Soudan (Mohamed et al., 2018).

La persistance de l'état porteur induit par l'infection à *T. annulata* permet de maintenir la stabilité endémique même dans les régions où la theilériose tropicale suit un schéma strictement saisonnier, comme en Algérie, au Maroc et en Tunisie. Cependant, l'utilisation de bovins exotiques sensibles dans le cadre de programmes d'insémination artificielle ou en tant que taureaux reproducteurs a conduit à une augmentation significative de l'incidence et de la gravité des cas cliniques chez les veaux croisés, initialement en état de stabilité endémique pour la theilériose tropicale (El Hussein et al., 2012).

6.3.2. Instabilité endémique

L'état d'instabilité endémique n'est pas homogène et traverse une variété de situations où, selon les probabilités de transmission de *T. annulata*, différentes catégories d'âge de bovins continuent d'être exposées aux risques de maladie en raison de la présence d'animaux naïfs (Darghouth et al., 1996). Deux états distincts d'instabilité endémique, à savoir l'instabilité endémique modérée et l'instabilité endémique élevée, ont été reconnus. Cette distinction vise à rationaliser les stratégies de vaccination en se concentrant davantage sur les catégories de bovins où une proportion significative d'animaux naïfs est encore présente dans les troupeaux endémiques. Les deux états d'instabilité endémique varient selon le niveau de prévalence de l'infection à partir duquel les vaches laitières, les génisses et les taureaux de veaux continuent d'être exposés à des risques de maladie significatifs (Darghouth et al., 1996).

L'instabilité endémique est associée à des charges parasitaires de tiques vectrices qui sont inférieures à celles de la dynamique d'infection en stabilité endémique. Cela est illustré, en particulier dans les cas d'instabilité endémique élevée, par une abondance moyenne de tiques estivales aussi faible que trois tiques *Hyalomma* par vache et par an, comme enregistré lors d'enquêtes menées dans des fermes ayant connu des cas antérieurs de théilériose tropicale (Lebbi, 1992).

En Algérie et en Tunisie, les cas de maladie sont principalement observés chez les vaches laitières pures et croisées (Darghouth et al., 1996 ; Ziam et al., 2016). Cette observation est attribuée à la dominance des vaches laitières exotiques dans les troupeaux de bovins, ainsi qu'à la fréquence élevée d'instabilité endémique dans les fermes infectées (Darghouth et al., 1996).

7. Symptômes cliniques

Les symptômes cliniques de la théilériose tropicale apparaissent généralement après une période d'incubation moyenne de 14 jours (avec des valeurs variant de 8 à 30 jours) (Sergent et al., 1945). La durée d'incubation dépend de plusieurs facteurs, tels que la dose infectante, la virulence de la souche, la race et l'état immunitaire de l'animal. La théilériose tropicale bovine peut évoluer sous trois formes : suraiguë, aiguë et chronique. En l'absence de traitement, la létalité de la maladie, toutes formes cliniques confondues, a été estimée à 34 % (Rouina, 1981).

7.1. Forme suraiguë

Cette forme clinique, bien que rare, concerne 15 % des cas observés (35 animaux sur un total de 237 examinés) (Rouina, 1981). Elle se manifeste par une évolution rapide et sévère. Les symptômes incluent une hyperthermie pouvant atteindre 42 °C, une hypertrophie des ganglions lymphatiques, principalement ceux drainant la zone de fixation de la tique (notamment les ganglions rétro-mammaires et pré-cruraux). Dans certains cas, cette hypertrophie devient généralisée et visible à distance (Figure 20). Un ictère prononcé apparaît rapidement, accompagné de troubles neurologiques. En l'absence de traitement, l'animal meurt généralement en 3 à 6 jours (Rouina, 1981).



Figure 20. Certains symptômes cliniques de la theilériose tropicale : hypertrophie des ganglions lymphatiques pré-cruraux (A), pétéchies hémorragiques sur la muqueuse conjonctivale (B) (Sevinc et Xuan, 2015).

7.2. Forme aiguë

Cette forme représente la manifestation la plus typique de la theilériose, se caractérisant par une hypertrophie généralisée des ganglions lymphatiques. Ces ganglions, souvent chauds et douloureux, présentent un œdème périphérique constant, même lorsque l'hypertrophie reste modérée, et deviennent parfois visibles à distance (Lefèvre et al., 2010). Un état fébrile marqué est également observé, avec une température atteignant 41 °C ou même 42 °C, accompagnée d'un syndrome fébrile qui peut être persistant ou intermittent. En l'absence de traitement, cet état peut durer jusqu'à 15 jours (Rouina, 1981), l'animal se montrant alors extrêmement abattu. Les principaux motifs de consultation incluent une hyporexie ou une anorexie et une diminution brutale de la production laitière.

Un syndrome hémolytique constant, résultant à la fois de mécanismes auto-immuns et de l'action mécanique des parasites, se développe généralement après 2 à 3 jours de congestion des muqueuses. L'ictère, bien que tardif et inconstant, est un signe de mauvais pronostic. L'hémoglobinurie, bien que rare, est également associée à une évolution défavorable. La présence de pétéchies, de suffusions ou d'ecchymoses sur les muqueuses (génitale et oculaire) aggrave également le pronostic (Figure 20). Une hypogalaxie, voire une agalactie, est fréquemment rapportée, avec une perte moyenne de 300 litres de lait dans les 30 jours suivant l'apparition de la maladie (M'barek, 1994).

Des signes moins courants, mais parfois observés, incluent des avortements touchant 73 % des femelles gestantes (Rouina, 1984) et des troubles neurologiques, tels que l'ataxie, l'hyperesthésie, l'amaurose ou les convulsions induites par des stimuli auditifs, associés à de rares cas de théilériose cérébrale (3,92 % des cas) (Muhammad, 1999). Des troubles digestifs, comme une diarrhée avec melæna, une indigestion du feuillet ou des ulcères de la caillette lors d'infections graves, peuvent survenir, accompagnés de grincements de dents (Figure 21). Une bronchopneumonie initialement aseptique, évoluant vers des infections bactériennes secondaires ou des mammites aiguës non inflammatoires, est également rapportée.

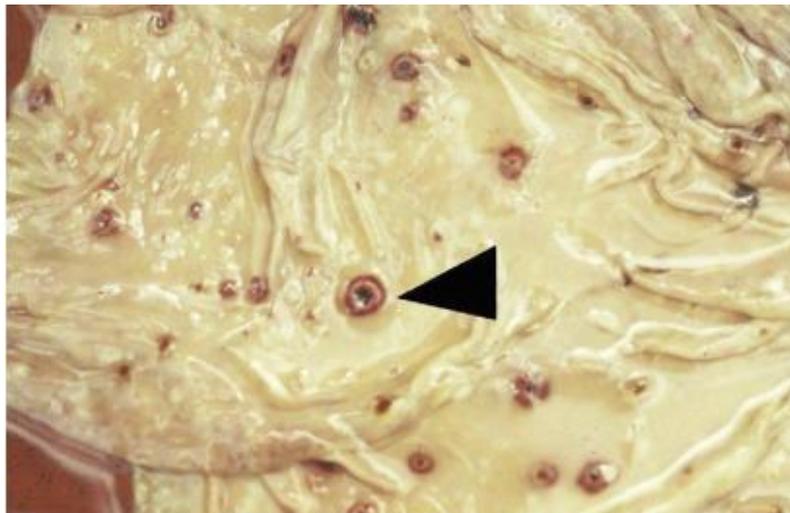


Figure 21. Ulcères (flèche noire) observés dans la caillette chez un bovin infecté expérimentalement par *T. annulata* (D'après Gharbi et al., 2012).

Dans de rares cas, une gangrène sèche apparaît le long de la ligne du dos, constituant un signe de très mauvais pronostic. En phase aiguë, certains animaux développent des nodules cutanés lenticulaires et hémorragiques, correspondant à des manchons périvasculaires contenant des

schizontes (Sergent et al., 1945). Enfin, dans les cas les plus graves, un œdème de l'auge peut apparaître, signalant un pronostic très défavorable (Keles et al., 2003).

Lorsqu'elle n'est pas traitée, cette forme clinique se caractérise par une aggravation progressive des symptômes, entraînant la mort en 7 à 15 jours. L'animal meurt dans un état d'hypothermie et d'épuisement total, après une aggravation de l'anémie, de l'hémolyse ainsi que l'apparition plus fréquente de l'ictère, de l'hémoglobinurie et de troubles hémorragiques et neurologiques. Le taux de mortalité chez les veaux non traités est estimé à 30,38 %, à 29,17 % dans les zones d'endémie stable et tombe à 12,5 % chez ceux traités par la buparvaquone (Gharbi et al., 2006). Les échecs thérapeutiques sont souvent dus à des formes très avancées de la maladie ou à une résistance du parasite à la buparvaquone (Mhadhbi et al., 2010).

7.3. Forme atténuée

La forme atténuée de la théilériose est particulièrement fréquente chez les animaux de la population autochtone. Bien que tous les symptômes soient présents, ils sont moins graves, et l'évolution tend vers la guérison, bien que la période de convalescence puisse être plus ou moins longue. Dans certains cas, ces formes atténuées peuvent évoluer vers des formes chroniques, caractérisées par une anémie sévère et une cachexie, souvent fatales (Gharbi et al., 2012).

Parfois, la théilériose peut se manifester sans symptômes cliniques marqués, se traduisant par une dégradation légère de l'état général, une fièvre modérée, et parfois une légère hypertrophie des ganglions lymphatiques ainsi qu'une anémie discrète. Cette forme d'infection, souvent non diagnostiquée, passe inaperçue mais demeure économiquement nuisible en raison de la réduction, certes modeste mais durable, de la productivité des animaux touchés, pouvant durer plusieurs mois, voire des années (Gharbi et al., 2012).

8. Lésions nécropsiques

Le tableau nécropsique de la théilériose tropicale permet de classer les lésions en quatre groupes : celles constantes, celles très fréquentes, celles fréquentes et celles peu fréquentes ou occasionnelles (Tableau III). L'intensité des lésions dépend du stade évolutif de la maladie. Certaines lésions sont plus prononcées chez les animaux décédés rapidement, tandis que d'autres sont plus graves chez ceux qui meurent plus tard (Rejeb et al., 2004).

Tableau III. Classification des lésions observées dans la theilériose tropicale selon leur taux de fréquence (D'après Gharbi et al., 2012).

Types de lésions	Caractéristiques
Lésions constantes	<ul style="list-style-type: none"> - Adénite hypertrophique exsudative - Splénomégalie avec hyperplasie de la pulpe rouge et blanche - Abomasite congestivo-hémorragique ulcéreuse aiguë - Entérite congestivo-hémorragique - Hépatomégalie - Purpura hémorragique sur la muqueuse de la vessie - Purpura hémorragique sur le cœur
Lésions très fréquentes	<ul style="list-style-type: none"> - Anémie - Subictère - Purpura hémorragique sur les muqueuses oculaires - Œdème aiguë des poumons - Hépatite interstitielle aiguë - Néphrite interstitielle aiguë - Purpura hémorragique sur les reins - Ruminite congestivo-hémorragique - Péritonite congestive
Lésions fréquentes	<ul style="list-style-type: none"> - Purpura hémorragique sur la muqueuse trachéale - Purpura hémorragique sur les testicules - Purpura hémorragique sur les muscles
Lésions occasionnelles	<ul style="list-style-type: none"> - Ulcère aigu au niveau de l'intestin - Hépatite nécrosante hémorragique - Ictère franc - Bronchopneumonie au stade de l'engouement - Bronchopneumonie au stade de l'hépatisation rouge - Bronchopneumonie au stade de l'hépatisation grise - Péricardite congestive

9. Diagnostic

Le diagnostic commence par l'analyse des données épizootiologiques et des signes cliniques de la maladie. Dans les régions d'enzootie, cette approche permet d'établir un diagnostic clinique fiable de la theilériose tropicale chez le bovin (Sergent et al., 1945). La confirmation diagnostique est effectuée par le laboratoire grâce à des examens de frottis sanguins, de suc ganglionnaire et d'empreintes de nœuds lymphatiques, selon la méthode de coloration Giemsa-May Grünwald (OIE, 2012).

9.1. Diagnostic épidémiologique

Le diagnostic épidémiologique repose sur l'identification des facteurs de risque liés à l'infection par *T. annulata* (Tableau IV). Les animaux atteints proviennent généralement de régions endémiques de la theilériose tropicale, où des antécédents de cas cliniques et la présence de tiques vectrices sont signalés. En raison de la durée de la période d'incubation, la tique infectante est souvent déjà tombée et ne sera pas retrouvée par le praticien, sauf si la population de tiques est élevée, auquel cas d'autres tiques peuvent être détectées. La saison constitue un indicateur important en raison de l'activité saisonnière des tiques dans plusieurs régions endémiques (Afrique du Nord et sud de l'Europe). Bien que l'évolution saisonnière estivale soit la norme, des cas de rechutes exceptionnelles peuvent survenir à tout moment de l'année, en particulier en cas d'immunodépression (El Fourgi et Sornicle, 1967).

Tableau IV. Facteurs de risque de la theilériose tropicale des bovins (D'après Gharbi et al., 2012).

Facteurs de risque	Observations
Conduite de l'élevage	Depuis le début du 20 ^{ème} siècle, les éleveurs algériens ont remarqué que les animaux maintenus loin des locaux d'élevages étaient moins exposés à la theilériose tropicale, probablement en raison du caractère endophile de la tique vectrice de l'infection en Afrique du Nord (contrairement à la situation dans la péninsule ibérique où la tique vectrice, <i>H. lusitanicum</i> , est une tique exophile).
État des locaux d'élevage	Ce facteur de risque est déterminant, puisque, étant endophile, la nymphe de la tique vectrice hiberne dans les crevasses et les fissures et que les femelles y pondent leurs œufs. A l'opposé, on observe une absence totale de cas de theilériose tropicale dans les élevages intensifs.
Température	Elle conditionne la mue des nymphes en adultes et leur sortie de leurs gîtes pour se fixer sur des animaux. De ce fait, deux semaines après les vagues de chaleur (sirocco ou simoun), l'incidence des cas cliniques augmente de manière spectaculaire.

Lorsque l'infection est transmise par une tique endophile, les animaux malades sont souvent logés dans des étables présentant des murs avec des fissures favorisant l'hibernation des nymphes. Ces dernières peuvent également hiberner dans les tas de bouses séchées utilisées comme combustible (Sergent et al., 1945).

Sur le plan clinique, la theilériose tropicale peut être diagnostiquée à partir de ses symptômes cliniques, qui se manifestent sous trois formes : suraiguë, aiguë et chronique. Cependant, plusieurs méthodes ont été développées pour détecter les hémoparasites dans les échantillons (Gul et al., 2015).

9.2. Diagnostic différentiel

Le diagnostic différentiel de la theilériose tropicale du bétail peut parfois être complexe, car son tableau clinique n'est pas toujours pathognomonique. Cette pathologie doit être distinguée de plusieurs autres affections, notamment les maladies estivales comme les babésioses et l'anaplasmose (voir Tableau V). Dans ses premières phases, la theilériose tropicale peut se confondre avec des maladies provoquant de la fièvre et une hypogalactie (ou agalactie), qui sont les symptômes les plus fréquemment observés au début de la maladie. Les praticiens peuvent parfois confondre la theilériose tropicale avec les péritonites causées par des corps étrangers, en raison de la présence de fièvre, de douleurs abdominales et d'hypogalactie. Cette confusion est d'autant plus probable, car ces deux affections surviennent fréquemment chez les femelles en période péripartum. Il convient également d'établir un diagnostic différentiel avec les péricardites dues à des corps étrangers, car la turgescence de la veine jugulaire, présente dans les deux pathologies, peut être provoquée, dans le cas de la theilériose tropicale, par une hypertrophie des ganglions lymphatiques médiastinaux (Keles et al., 2003).

Tableau V. Diagnostic différentiel entre la théilériose, les babesioses et l'anaplasmose (D'après Lefèvre et al., 2010).

Maladie	Agent pathogène	Vecteurs	Signes cliniques			
			Anémie	Hémoglobinurie	Ictère	Autres
<i>Diagnostic différentiel avec les formes aiguës de theilériose</i>						
Babesiose	<i>B. bovis</i>	<i>B. annulatus</i> <i>R. bursa</i>	1+ à 2+	Peu importante	Fréquent et net	Diarrhée noirâtre, Signes nerveux, épistaxis
	<i>B. bigemina</i>	<i>B. annulatus</i> <i>R. bursa</i>	1+ à 3+	Fréquente (urines brun café)	Plus modéré	
		<i>I. ricinus</i>	1+ à 3+	Fréquente (urines brun café)	Plus modéré	Fièvre courte (2 à 3 jours), diarrhée noirâtre en jet, chronicité.
Anaplasmose	<i>A. marginale</i>	Vecteurs biologiques (Ixodidés) Vecteurs mécaniques (Diptères piqueurs)	2+ à 3+	Absente	Tardif	Anémie avec muqueuses blanc porcelaine, Atonie ruminale constante, Amaigrissement prononcé
<i>Diagnostic différentiel avec les formes atténuées de theilériose</i>						
Babesiose	<i>B. bovis</i>	<i>B. annulatus</i>	1+ à	Absente	Subictère	
		<i>R. bursa</i>	2+			
	<i>B. bigemina</i>	<i>B. annulatus</i> <i>R. bursa</i>	1+ à 3+	Absente	Subictère	
	<i>B. divergens</i>	<i>I. ricinus</i>	1+ à 3+	Irrégulière	Subictère	
Anaplasmose	<i>A. marginale</i>	Vecteurs biologiques (Ixodidés) Vecteurs mécaniques (Diptères piqueurs)	2+ à 3+	Absente	Subictère	
Ehrlichiose	<i>Ehrlichia bovis</i>	?	0 à 1+	Absente	Subictère	Hypertrophie des nœuds lymphatiques, évolution bénigne

9.3. Diagnostic de laboratoire

En raison de l'importance médicale et économique de la théilériose tropicale ainsi que du coût élevé des traitements théiléricides, le diagnostic biologique sur l'animal vivant revêt une grande importance. Différentes techniques de laboratoire peuvent être employées, chacune ayant ses avantages, ses limites et des indications spécifiques. Elles sont ici réparties en techniques de diagnostic et en techniques de dépistage (Gharbi et al., 2012).

9.3.1. Techniques de diagnostic

9.3.1.1. Étalement de sang coloré au Giemsa

Actuellement, cette méthode est l'une des techniques de diagnostic de laboratoire les plus couramment utilisées pour confirmer une suspicion de theilériose, en raison de sa simplicité de mise en œuvre. Elle permet d'identifier les formes érythrocytaires de *T. annulata* dans le sang (Figures 22), généralement à partir du 9^{ème} jour suivant l'infection (Sergent et al., 1945). La procédure consiste à prélever quelques gouttes de sang veineux dans un tube contenant un anticoagulant, généralement de l'EDTA (acide éthylène diamine tétraacétique). Ce dernier est préféré à l'héparine en raison de ses propriétés antioxydantes, qui préservent mieux les membranes érythrocytaires et améliorent la conservation du sang (Miladi, 2005). En outre, il est recommandé de conserver le sang à température ambiante, cette condition garantissant une meilleure viabilité des parasites par rapport à une conservation au réfrigérateur (entre +4 °C et +8 °C) (Miladi, 2005).

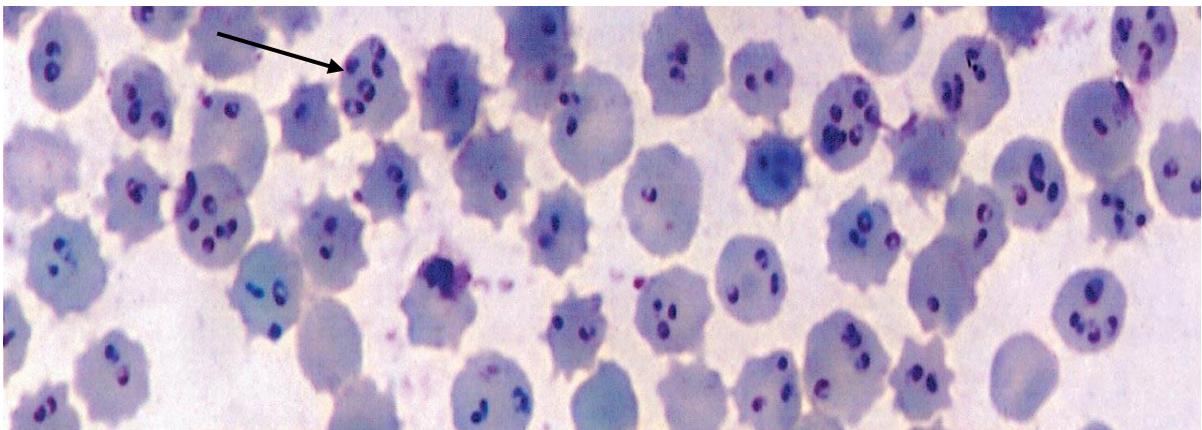


Figure 22. Piroplasmes de *T. annulata* observés dans les érythrocytes d'une vache.

(<https://www.anipedia.org/resources/1124/chapter-37-theileria-annulata-theileriosis.jpg>)

Au début de la maladie, le frottis sanguin peut s'avérer négatif, les premiers symptômes étant principalement liés à la présence de schizontes. En cas de forte suspicion épidémio-clinique, le clinicien doit réaliser une ponction d'un nœud lymphatique hypertrophié ou effectuer un second prélèvement sanguin 24 heures après le premier. Les frottis obtenus doivent être analysés au microscope optique en utilisant un objectif 100 x et une huile à immersion pour une observation précise (Gharbi et al., 2012).

9.3.1.2. L'étalement de nœud lymphatique coloré au Giemsa

Cette méthode, utilisée depuis les années 1930 (Sergent et al., 1945), permet la détection des schizontes lors du pic d'hyperthermie, à partir d'un frottis effectué sur une biopsie de nœud lymphatique ou de foie (Figure 23). Elle constitue un moyen de dépistage précoce et spécifique de l'infection. Cependant, son application sur le terrain présente des difficultés, car elle exige une grande précision de la part du praticien pour réaliser la biopsie et préparer immédiatement les étalements, qui doivent être fixés dès la ponction (Sergent et al., 1945). De plus, étant donné que les tiques s'attachent principalement aux zones déclives du corps, les nœuds lymphatiques les plus hypertrophiés et riches en schizontes, comme le nœud rétro-mammaire, sont souvent difficilement accessibles. Malgré ces défis, cette technique reste d'une grande valeur diagnostique, la présence de schizontes étant un signe pathognomonique d'une theilériose évolutive.

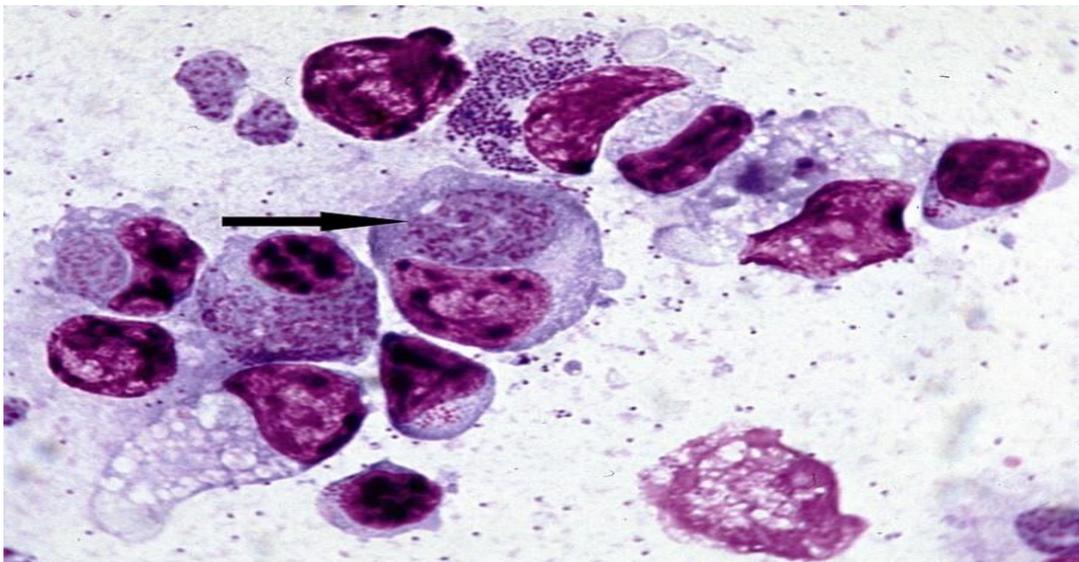


Figure 23. Globules blancs mononucléés d'une vache infectée par le stade schizonte du protozoaire *T. annulata* (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Theileria-annulata-schizonts-cattle.jpg>).

9.3.2.1. La réaction de polymérisation en chaîne (PCR)

La PCR est couramment employée pour détecter *Theileria spp.* dans des échantillons de sang ou de biopsie, en utilisant des amorces spécifiques du gène codant pour l'antigène Tams-1 (*Theileria annulata merozoite antigen*) (Oliveira et al., 1997). Cette technique se caractérise par une sensibilité et une spécificité élevée, capables de détecter la présence d'un seul piroplasma dans 4 µL de sang (Ilhan et al., 1998). Plus récemment, une méthode basée sur l'amplification d'un gène multicopie codant pour le cytochrome b1 (Cytob1), développée par Bilgic et al. (2010), a été proposée. Combinée à la Reverse Line Blot, elle offre une sensibilité dix fois supérieure à celle de la PCR ciblant le gène Tams-1, ce qui la rend particulièrement efficace pour identifier les porteurs asymptomatiques avec de très faibles parasitémies, pouvant atteindre un parasite dans 10 µL de sang. Cependant, la réaction PCR peut être affectée par la présence d'inhibiteurs de la Taq polymérase. Cette limitation peut être contournée en réalisant une PCR parallèle qui cible des gènes spécifiques de l'hôte inclus dans l'échantillon.

9.3.2.2. Reverse Line Blot (RLB)

RLB est une technique qui repose sur l'amplification de séquences 16S ribosomales conservées, communes aux genres *Theileria* et *Babesia* (les amorces appelées « catch all *Theileria Babesia* »), ainsi qu'aux rickettsies des genres *Ehrlichia* et *Anaplasma* (« catch all *Ehrlichia Anaplasma* »). Cette méthode permet de mettre en évidence tous les pathogènes transmis par les tiques appartenant à ces taxons (Sparagano et Jongejan, 1999).

La RLB permet de détecter les acides nucléiques de multiples espèces, notamment *Theileria annulata*, *T. parva*, *T. taurotragi*, *T. buffeli*, *T. sergenti*, *T. equi*, ainsi que *B. bovis*, *B. bigemina*, *B. microti*, *B. caballi*, *B. divergens*, entre autres. Cette technique est économique puisqu'elle permet de tester simultanément plusieurs génomes pathogènes sur une seule membrane, avec la possibilité d'analyser jusqu'à 40 échantillons. Elle est reconnue pour sa spécificité et sa sensibilité, permettant de détecter une parasitémie aussi faible que 4×10^{-5} pour *T. parva*. Cependant, sa limite de détection reste légèrement inférieure à celle de la PCR classique ($2,7 \times 10^{-5}$) (Oura et al., 2004). Un atout majeur de la RLB est sa capacité à identifier les porteurs asymptomatiques de *T. annulata* et *T. parva* (Tait et Hall, 1999), bien qu'elle soit moins adaptée au diagnostic individuel des cas cliniques.

9.3.2.3. L'immunofluorescence indirecte (IFI)

L'IFI est une technique diagnostique indirecte utilisée pour détecter les anticorps dirigés contre *T. annulata*, avec des antigènes issus de mérozoïtes ou de schizontes. Les seuils de positivité recommandés sont respectivement de 1/160 et 1/40 lorsque des schizontes ou des formes érythrocytaires sont utilisés comme antigènes. Selon Darghouth (2004), les performances intrinsèques de l'IFI avec des antigènes schizontes révèlent une meilleure sensibilité (88,9 %) et spécificité (97 %) par rapport à l'utilisation des antigènes érythrocytaires.

9.3.2.4. L'Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

L'ELISA a vu plusieurs techniques développées (Reneker et al., 2008), mais celles-ci peuvent présenter des réactions croisées chez les animaux infectés par d'autres pathogènes, tels que *T. parva* et les trypanosomes (Reneker et al., 2008). En 2009, Reneker et al. (2009) ont mis au point une technique ELISA compétitive utilisant la protéine TaSP (*Theileria annulata* Surface Protein), qui présente une sensibilité et une spécificité satisfaisantes. Cette méthode est utile pour identifier les animaux porteurs asymptomatiques de *T. annulata*. Cependant, en raison du délai nécessaire entre l'infection et la séroconversion (environ trois semaines), le diagnostic sérologique est généralement réservé aux études épidémiologiques. Elle offre également un moyen efficace de suivre l'évolution de la maladie dans les populations animales et de surveiller les foyers d'infection, contribuant ainsi à des stratégies de gestion plus ciblées.

10. Traitement de la théilériose tropicale (*T. annulata*)

Le traitement des animaux atteints associe un traitement spécifique à base de théiléricides et un traitement symptomatique complet. Cela nécessite un examen clinique approfondi pour détecter toute anomalie. En raison de l'absence de symptômes spécifiques, du risque élevé de mortalité et du coût important des molécules théiléricides, il est recommandé de confirmer l'infection en laboratoire avant d'initier le traitement. Par ailleurs, les co-infections par des hémopathogènes sont fréquentes dans les régions d'enzootie. Par exemple, des co-infections entre *Babesia* spp., *T. annulata* et *A. marginale* peuvent survenir (M'ghirbi et al., 2010).

10.1. Traitement par les théiléricides

À ce jour, les meilleurs médicaments théiléricides appartiennent à la famille des hydroxynaphtoquinones : le parvaquone et le buparvaquone. Le parvaquone (*Parvexon ND*, Bimeda) est principalement actif contre les schizontes et s'administre par injection intramusculaire

à une dose de 20 mg/kg (Mchardy, 1991). Le buparvaquone (*Butalex ND*, Schering-Plough ; *Teldex ND*, Médivet), quant à lui, est efficace à la fois contre les schizontes et les piroplasmés. Il est injecté par voie intramusculaire à une dose de 2,5 mg/kg et présente une efficacité de 92 % après une seule injection, ce qui est supérieur au parvaquone (Mchardy, 1991). Cependant, le buparvaquone est plus coûteux, et une seconde injection est recommandée après 72 heures en l'absence d'amélioration clinique. Lorsque ce médicament est administré précocement, il permet la guérison des cas aigus, mais il est peu efficace contre les formes hyperaiguës ou traitées tardivement, en raison de la gravité de l'anémie et des lésions tissulaires associées (Mchardy, 1991).

Chez les bovins présentant un faible volume globulaire (PCV) et une parasitémie élevée, l'injection de théiléricides peut entraîner une destruction massive des érythrocytes infectés, provoquant parfois la mort de l'animal en raison d'un PCV extrêmement bas. Il est donc crucial d'évaluer à la fois la parasitémie et le PCV avant de décider d'administrer une transfusion sanguine. Chez les bovins non infectés, une transfusion est nécessaire lorsque le PCV est inférieur à 15 % (Balcomb et Foster, 2014). Cependant, chez les bovins infectés par *T. annulata*, un seuil plus élevé doit être envisagé, car l'injection du théiléricide entraînera une destruction supplémentaire des érythrocytes infectés. Pour cette raison, le traitement n'est pas une méthode efficace pour éradiquer le parasite au sein d'un élevage.

10.2. Traitement symptomatique

Il est crucial d'adopter un traitement symptomatique adapté à l'état de l'animal, évalué après un examen clinique approfondi. Les antibiotiques à longue durée d'action sont conseillés pour limiter les infections secondaires récurrentes, notamment au niveau des voies respiratoires. L'oxytétracycline à action prolongée est recommandée, non seulement pour son efficacité partielle contre *Theileria*, mais aussi pour son activité prouvée contre *A. marginale*, un co-pathogène fréquemment impliqué (Gharbi et Darghouth, 2015).

En cas d'hypotonie du rumen, l'usage de stimulants du rumen est indiqué, car une indigestion sévère pourrait s'avérer fatale. Par ailleurs, un état inflammatoire généralisé, associé à des niveaux élevés de cytokines pro-inflammatoires, justifie l'administration d'anti-inflammatoires non stéroïdiens. Ces niveaux de cytokines sont étroitement liés à la virulence de la souche de *T. annulata* (Graham et al., 2001).

11. Prévention de la theilériose tropicale bovine

La mise en place de stratégies de contrôle prioritaires est cruciale pour prévenir les flambées de theilériose dans les régions endémiques et non endémiques (Simuunza et al., 2011). Diverses mesures prophylactiques rentables sont employées à travers le monde pour limiter la theilériose et les pertes économiques dans les exploitations laitières. Cependant, il est nécessaire d'intégrer ces mesures de manière cohérente afin qu'elles s'adaptent aux besoins spécifiques des éleveurs dans chaque situation.

De plus, la sensibilisation des éleveurs aux nouvelles technologies est indispensable pour leur permettre d'élaborer des stratégies adaptées à leurs besoins particuliers (Minjauw et McLeod, 2003).

11.1. Contrôle des vecteurs

Il est essentiel d'établir une liste exhaustive des espèces de tiques vectrices présentes dans une région, car deux espèces de tiques coexistantes peuvent jouer le rôle de vecteurs. C'est le cas au Maroc, où Ouhelli et Pandey ont collecté un grand nombre de *H. scupense* (30,8 %) ainsi que quelques tiques *H. lusitanicum* (3,5 %) (Ouhelli et Pandey, 1982). Une mise en œuvre correcte de cette option de contrôle conduirait conceptuellement à l'éradication de l'infection par *T. annulata* dans une ferme, grâce à l'éradication de son vecteur, qui comprend trois types d'options de contrôle.

11.2. Vaccination contre *T. annulata*

En Algérie, de nombreuses études épidémiologiques et parasitologiques ont été menées il y a plus de 70 ans (Sergent et al., 1945), ce qui a conduit au développement du premier vaccin vivant atténué, utilisant la souche *T. annulata* « Kouba ». Ce vaccin a été utilisé pour immuniser des milliers d'animaux au Maroc, en Algérie et en Tunisie. Les vaccins à base de lignées cellulaires, administrés par injection sous-cutanée, offrent une immunité solide contre les souches homologues et une protection moins efficace contre les souches hétérologues (Darghouth et al., 1996). Ce type de vaccin lutte contre la maladie, mais ne bloque pas l'infection. Par conséquent, son impact sur l'épidémiologie de l'infection est limité, car les animaux vaccinés restent porteurs pendant plusieurs années (Darghouth, 2008).

DEUXIÈME PARTIE :
ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE I :
ÉTUDE DE L'INFESTATION PAR
LES TIQUES IXODIDAE

A. OBJECTIFS

Le premier volet de cette étude est consacré à l'infestation des bovins par les tiques ixodidae. Il vise à :

- 1) Identifier les espèces de tiques ixodidés infestant les bovins afin de mieux comprendre leur diversité et leur répartition dans la région de Tiaret.
- 2) Déterminer les principaux paramètres parasitologiques, notamment la prévalence, l'intensité, l'abondance ainsi que l'indice d'agrégation (ou l'indice de discordance), afin d'évaluer l'importance et la dynamique de l'infestation.
- 3) Examiner leur répartition saisonnière et leurs sites de fixation préférentiels sur les bovins, permettant ainsi d'identifier les périodes de forte infestation et les zones corporelles les plus exposées.

B. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Régions d'étude

La wilaya de Tiaret, située à 268 kilomètres au sud-ouest d'Alger, s'étend sur une superficie de 20 673 km², avec une altitude variante entre 980 et 1 150 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle est localisée à 35°22'2.478" N et 1°19'19.315" E et fait partie de l'Atlas tellien au nord et des hauts plateaux au centre et au sud. Elle est délimitée par Tissemsilt et Relizane au nord, Laghouat et El Bayadh au sud, Mascara et Saïda à l'ouest, et Djelfa à l'est.

Le climat de la wilaya de Tiaret est de type méditerranéen continental, caractérisé par des hivers rigoureux et des étés chauds et secs (Achir et Hellal, 2016). Elle appartient à l'étage bioclimatique semi-aride inférieur, avec des températures moyennes de 37,2 °C en été et 24 °C en hiver. Les précipitations annuelles varient entre 300 et 400 mm, avec une répartition inégale : environ 157 mm en hiver contre seulement 31 mm en été.

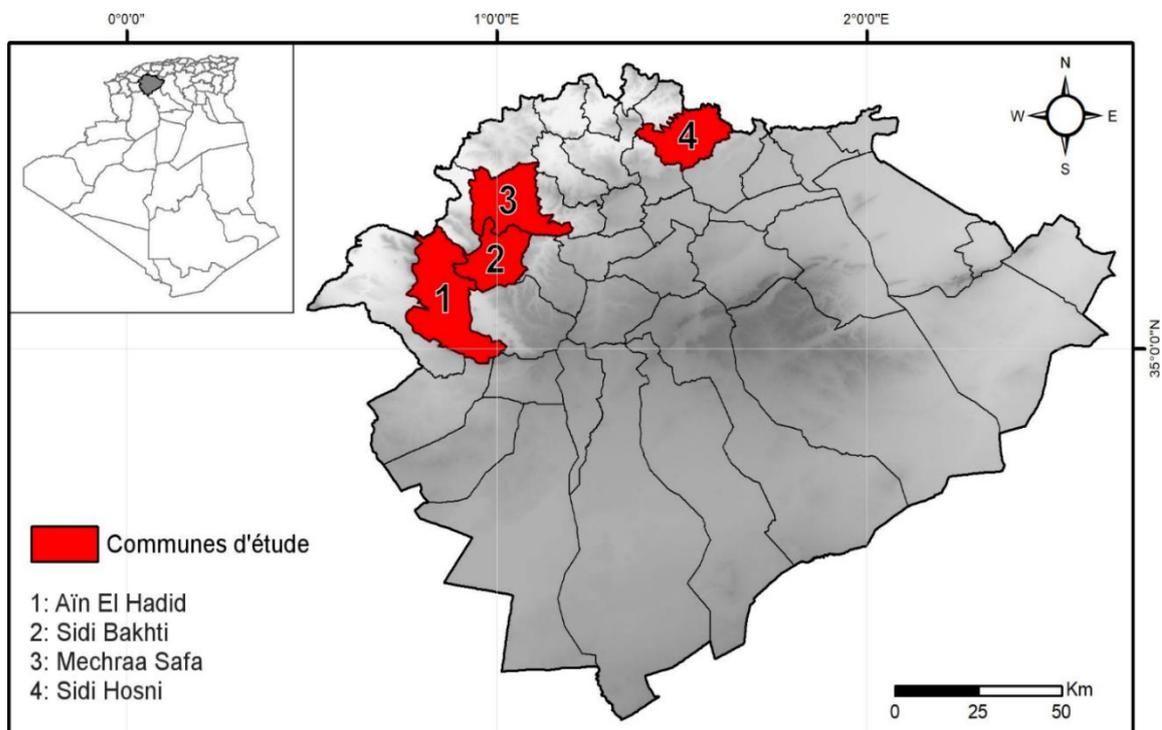


Figure 24. Localisation géographique des sites d'échantillonnage dans la wilaya de Tiaret, nord-ouest de l'Algérie.

Dans cette région, des échantillons de tiques ont été collectées dans des fermes privées réparties sur les communes de Aïn El Hadid (35° 03' 29" N, 0° 53' 00" E), Sidi Bakhti (35° 14' 28" N, 0° 58' 42" E), Mechraa Safa (35° 23' 02" N, 1° 03' 12" E) et Sidi Hosni (35° 28' 16" N, 1° 31' 12" E). L'échantillonnage s'est déroulé entre mai 2022 et mai 2023, a couvert l'ensemble des saisons afin d'évaluer la dynamique des infestations. La localisation des sites sélectionnés est illustrée dans la figure 24, mettant en évidence leur répartition géographique au sein de la wilaya de Tiaret.

2. Animaux étudiés

Concernant les animaux examinés, un total de 317 bovins a été sélectionné de manière aléatoire dans ces fermes (Figures 25 et Tableau VI) : Aïn El Hadid ($n = 20$), Mechraa Safa ($n = 19$), Sidi Bakhti ($n = 79$) et Sidi Hosni ($n = 199$). Seuls les animaux accessibles tout au long de l'étude ont été inclus, avec l'accord verbal de leurs propriétaires.



Figure 25. Fermes visitées au cours de la présente étude.

Tout au long de l'étude, l'échantillon a été régulièrement renouvelé afin de garantir une représentation diversifiée et représentative de la population bovine présente dans les différentes fermes. Des données concernant l'âge, le sexe, l'état de santé, la race, ainsi que des informations relatives aux exploitations, ont été collectées à partir des registres des éleveurs et lors des examens cliniques réalisés sur le terrain.

La majorité des bovins examinés étaient âgés de 5 à 10 ans, avec une prédominance d'animaux de plus de 5 ans, ce qui reflète la tendance des éleveurs à conserver les vaches âgées. Ces animaux appartenaient à trois races : la race locale, dénommée Brune de l'Atlas ($n = 292$, 92,10 %), les races croisées ($n = 7$, 2,20 %) et les races importées ($n = 18$, 5,70 %). Pratiquement tous les bovins

examinés étaient des femelles ($n = 315$), avec seulement un faible nombre de mâles ($n = 2$). Tous les animaux appartenait à des systèmes d'élevage extensif. Les bovins recevaient des traitements acaricides de manière occasionnelle, dans le cadre de la gestion routinière. Un acaricide topique à base de fluméthrine (1 %) a été appliqué sur les animaux dans la zone d'étude. Afin de limiter l'influence des traitements acaricides sur les résultats, les échantillons de tiques ont été collectés au moins 30 jours après la dernière application d'acaricide, assurant ainsi que tout effet résiduel ait diminué de manière significative.

Tableau VI. Résumé des communes étudiées et du nombre de bovins examinés.

Commune	Coordonnées géographiques	Nombre de bovins examinés (n)	Proportion (%)
Aïn El Hadid	35° 03' 29" N, 0° 53' 00" E	20	6,30 %
Mechraa Safa	35° 23' 02" N, 1° 03' 12" E	19	6,00 %
Sidi Bakhti	35° 14' 28" N, 0° 58' 42" E	79	24,92 %
Sidi Hosni	35° 28' 16" N, 1° 31' 12" E	199	62,78 %
Total	-	317	100 %

3. Collecte des tiques

Les tiques ont été prélevées sur un total de 317 bovins lors d'une étude transversale menée entre mai 2022 et mai 2023, avec des collectes mensuelles tout au long de la période d'étude. Afin d'évaluer la prévalence saisonnière, les données recueillies ont été classées en quatre saisons : été ($n = 251$), automne ($n = 18$), hiver ($n = 23$) et printemps ($n = 25$).



Figure 26. Examen des bovins pour évaluer l'infestation par les tiques dures.

Les bovins ont été maintenus en station debout afin de permettre une inspection exhaustive de leur surface corporelle. La collecte des tiques a été réalisée manuellement sur l'ensemble du corps, y compris les deux côtés du corps (Figure 26), exclusivement aux premières heures du matin et en fin de journée. Seuls les spécimens adultes, macroscopiquement visibles, ont été collectés, tandis que les stades immatures (larves et nymphes) ont été exclus en raison de leur taille réduite.

Lors du prélèvement des tiques, la surface corporelle des bovins a été subdivisée en sept régions anatomiques distinctes (Figure 27) : zone 1 (tête et oreilles), zone 2 (cou, poitrine et fanon), zone 3 (surface dorsale du corps), zone 4 (thorax et flanc), zone 5 (sternum, abdomen, mamelle, scrotum et faces internes des membres postérieurs), zone 6 (périnée, incluant les régions situées entre l'anus et les organes génitaux), et zone 7 (membres et sabots).

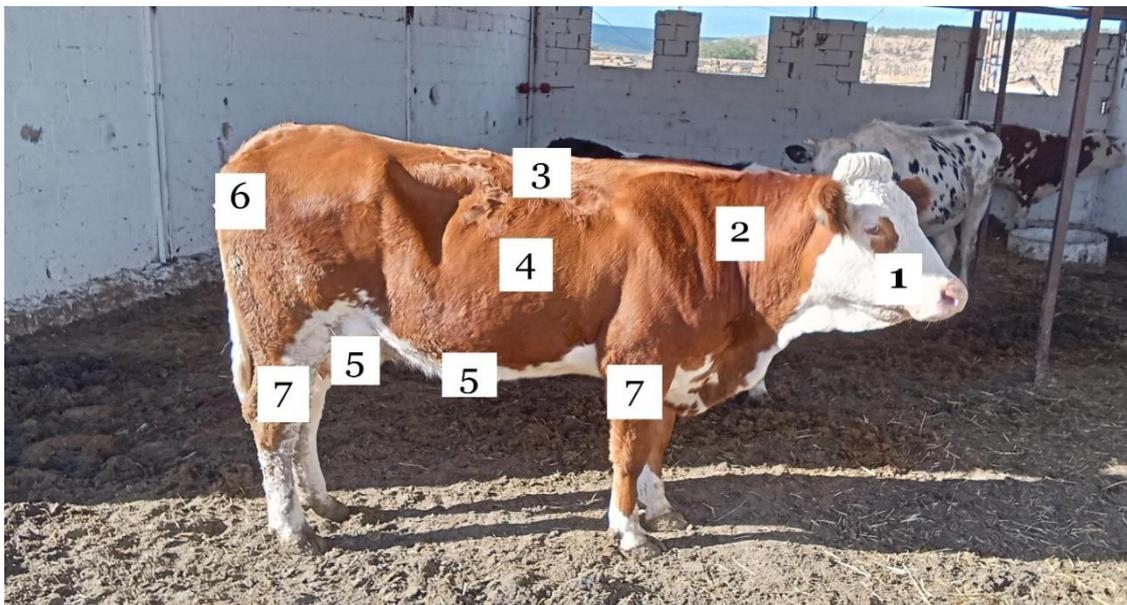


Figure 27. Répartition des sites de fixation préférentiels des tiques chez les bovins. 1 = (tête, oreilles) ; 2 = (cou, poitrine et fanon) ; 3 = (surface dorsale du corps) ; 4 = (thorax et flanc) ; 5 = (sternum, abdomen, mamelle, scrotum et faces internes des membres postérieurs) ; 6 = (périnée, incluant les zones situées entre l'anus et les organes génitaux) ; 7 = (membres et sabots).

Les tiques collectées ont été conservées dans des tubes secs contenant de l'éthanol à 70 %, chaque tube étant identifié par un code unique intégrant la ferme d'origine, l'hôte parasité et le site anatomique de fixation. Un tube distinct a été attribué à chaque site de fixation. Les données complémentaires, incluant l'âge, le sexe, la race de l'animal et la date de collecte, ont été

initialement enregistrées sur une fiche de collecte, puis saisies dans une feuille de calcul Excel pour une analyse approfondie des données (voir Annexe 1).

Après leur collecte, les tiques ont été transférées au laboratoire de parasitologie de l'Institut des sciences vétérinaires de l'Université de Tiaret, où elles ont été soumises à une identification morphologique.

4. Identification des tiques

Au laboratoire de parasitologie, le dénombrement et l'identification morphologique des tiques ont été réalisés. Pour ce faire, une loupe binoculaire a été utilisée en s'appuyant sur une clé de diagnose de référence (Walker et al., 2003). Les tiques ont été lavées dans une solution d'alcool à 70° pour les dégraisser, sous loupe binoculaire et à l'aide de pinceaux fins pour séparer les tiques des amas de poils et des débris cellulaires fréquents. Les tiques incomplètes ont été éliminées, puis les échantillons ont été stockés au réfrigérateur à +4 °C.

L'identification morphologique des tiques repose sur l'examen de divers critères distinctifs sous loupe binoculaire. Pour ce faire, chaque spécimen est positionné au centre du champ de vision, fixé sur une lame à l'aide d'une pâte adhésive. L'observation débute avec un faible grossissement afin d'obtenir une vue d'ensemble du parasite, puis se poursuit avec des niveaux de grossissement intermédiaire et élevé pour affiner l'analyse des structures diagnostiques spécifiques à chaque espèce (Figure 28).



Figure 28. Identification individuelle des tiques, ici un mâle *R. bursa*, vue dorsale.

L'identification du sexe des tiques repose principalement sur l'examen de la taille et de l'étendue du scutum (Figure 29). Cette structure chitineuse, souvent ornée de motifs émaillés, est présente à tous les stades de développement. Chez la femelle, le scutum est relativement réduit, bien visible et généralement plus foncé que le reste du corps, laissant apparaître l'alloscutum. En revanche, chez le mâle, il s'étend sur l'ensemble de la face dorsale.

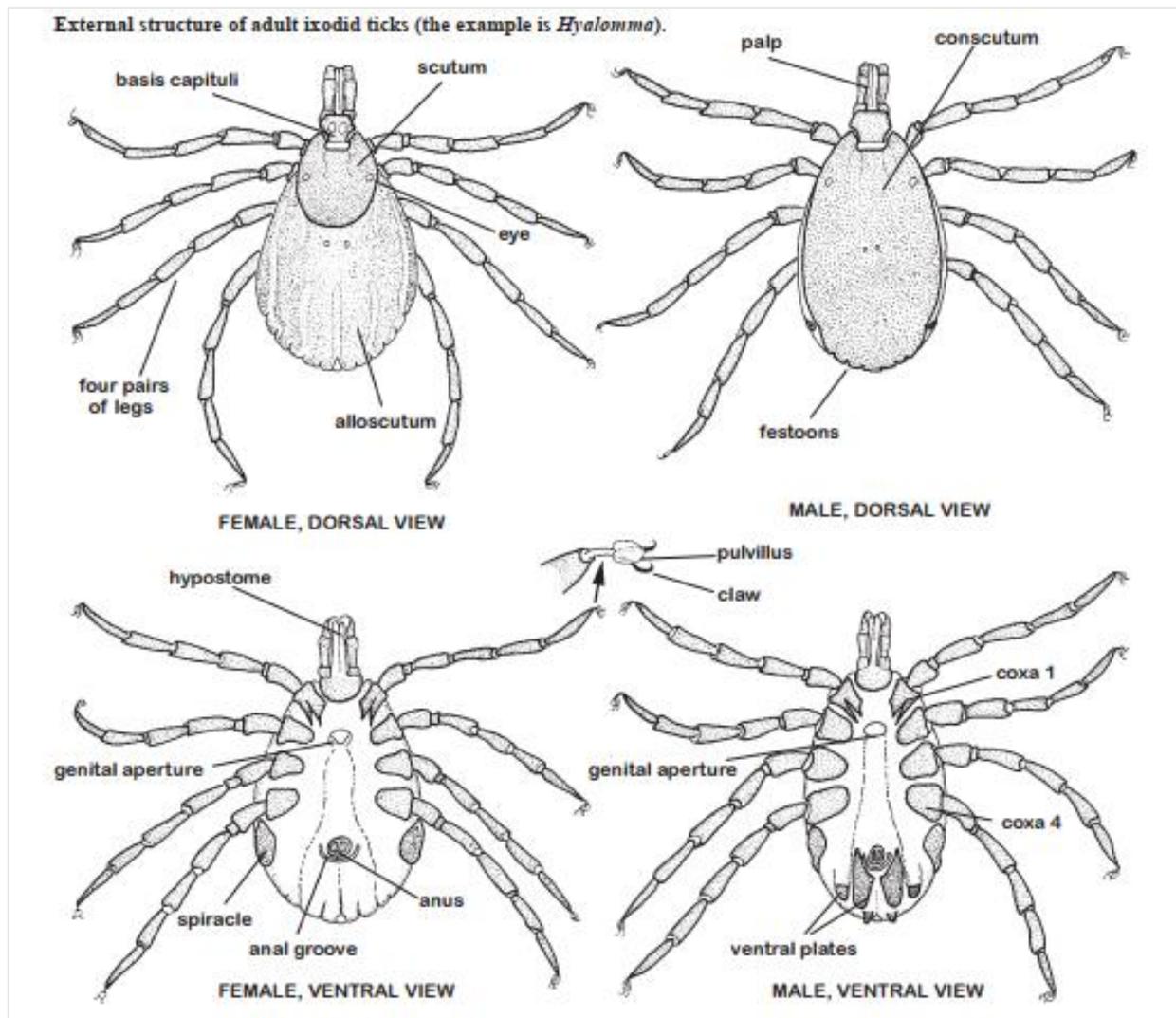


Figure 29. Principales caractéristiques anatomiques et termes utilisés pour décrire la morphologie des tiques adultes dures (d'après Walker et al., 2003).

L'identification du genre a été réalisée principalement sur la base des caractéristiques morphologiques du rostre (Figure 05). La distinction entre les espèces a ensuite été affinée par l'observation de critères morphologiques spécifiques à l'aide de clés dichotomiques, notamment

celle développée par Walker et al. (2003). Une synthèse des critères diagnostiques utilisés à ce stade est présentée dans le tableau VII.

Après le comptage et l'identification des échantillons, chaque tique a été examinée sous loupe binoculaire afin de déterminer son genre, son espèce et son sexe. Les informations ont d'abord été consignées sur une fiche de collecte, puis saisies et organisées dans un tableur Excel pour une analyse ultérieure.

5. Les indicateurs parasitologiques

Trois indicateurs épidémiologiques ont été calculés (Bush et al., 1997) :

$$\text{Prévalence d'infestation (\%)} = 100 \times (\text{nombre d'animaux infestés} / \text{nombre d'animaux examinés}) \quad (1)$$

$$\text{Intensité d'infestation} = \text{nombre total de tiques collectées} / \text{nombre d'animaux infestés} \quad (2)$$

$$\text{Abondance d'infestation} = \text{nombre total de tiques collectées} / \text{nombre d'animaux examinés} \quad (3)$$

Pour évaluer le niveau d'agrégation des espèces de tiques Ixodidae, nous avons calculé l'indice de discordance (D) selon la méthode de Poulin (1993) :

$$D = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^i x_j)}{\bar{x}N(N+1)}$$

N : représente le nombre total d'hôtes dans l'échantillon, \bar{x} : désigne le nombre moyen de parasites, x : est le nombre de parasites infectant l'hôte j , avec les hôtes triés par ordre croissant de sévérité d'infection.

Par conséquent, D varie approximativement entre 0 (indiquant une faible agrégation, où les parasites sont uniformément distribués) et 1 (indiquant une agrégation maximale, où tous les parasites infestent un seul hôte), indépendamment de l'abondance moyenne des parasites. Cet indice est donc adapté pour analyser l'agrégation des parasites dans différents échantillons, études et/ou espèces.

Tableau VII. Caractéristiques morphologiques distinctives des différents genres de tiques dures (Salman et Tarrés-Call, 2013).

Caractéristiques	<i>Hyalomma</i> spp.	<i>Rhipicephalus</i> spp.	<i>Boophilus</i> spp.	<i>Ixodes</i> spp.	<i>Dermacentor</i> spp.	<i>Haemaphysalis</i> spp.
Taille (adultes non gorgé, longueur totale)	Grande (0,5–0,8 cm)	Moyenne (0,3–0,6 cm)	Petite (0,1–0,3 cm)	Petite (0,2–0,3 cm)	Moyenne-grande (0,4–0,9 cm)	Petite (0,1–0,3 cm)
Pièces buccales	Longues	Courtes à moyennes	Très courtes	Longues	Moyennes	Courtes
Base du capitulum		Hexagonal	Hexagonal	Avec auricules ventrale	Rectangulaire	Rectangulaire
Ornement	Non	Non, sauf pour 4 espèces	Non	Non	Oui	Non
Yeux	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non
Festons	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Oui
Plaques adanales	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
Plaques sub-adanales	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
Sillon anal	Postérieur, en forme de calice	Postérieur, en forme de calice	Postérieur, ligne verticale	Antérieur, en forme de demi-cercle ou en U	Postérieur, en forme de calice	Postérieur, en forme de calice
Processus caudal	Non présent dans certaines espèces	Oui, sur certaines	Non	Non	Non	Non
Coxae I	Bifide	Bifide			Grand, bifide	
Coxae IV					Très grand	
Pattes	Rayées, groupées			Groupées Antérieurement	Rayées	

Pour améliorer la fiabilité des résultats, un seuil minimal de **10** individus par espèce de tique a été établi pour le calcul de l'indice de discordance (***D***), en excluant les espèces comptant moins de **10** individus pour éviter les biais potentiels liés à de faibles tailles d'échantillons.

6. Analyses statistiques

Afin d'évaluer les variations dans la répartition des espèces de tiques dures en fonction des saisons, des communes et des sites de fixation préférentiels sur les bovins, nous avons utilisé le test de **Kruskal-Wallis**. Ce test non paramétrique permet d'identifier d'éventuelles différences statistiquement significatives dans l'abondance des tiques entre ces différents facteurs catégoriels. Un seuil de signification de $p < 0,05$ a été retenu. L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel **R**[®] (version **4.2.3.0/2023.3.0.386**).

C. RÉSULTATS

1. Indicateurs parasitologiques globaux de l'infestation par les tiques

Un échantillon de 317 bovins a été sélectionné aléatoirement et 1 752 tiques adultes ixodidés ont été collectées à partir de différentes parties du corps des animaux infestés. Parmi les 317 bovins examinés pour la présence de tiques ixodidés, 108 (34,07 % ; IC à 95 % : 28–39) se sont révélés infestés avec un nombre variable d'espèces de tiques. Le taux d'infestation le plus élevé a été observé à Aïn El Hadid (100 %, $n = 20$), suivi de Sidi Bakhti (78,48 %, $n = 79$), Sidi Hosni (12,06 %, $n = 199$) et Mechraa Safa (10,53 %, $n = 19$) (voir Tableau VIII). L'intensité d'infestation était de 16,22 tiques par animal infesté, tandis que l'abondance des tiques était de 5,52 tiques par bovin examiné (Tableau XI).

Tableau VIII. Distribution et abondance des tiques ixodidés récoltées chez les bovins des quatre communes de la wilaya de Tiaret.

Mois	Animaux examinés	Nombre total de tiques	Communes							
			AEH		SEB		MES		SEH	
			NE	NI	NE	NI	NE	NI	NE	NI
Mai	111	210	3	3	8	6	4	1	96	6
Juin	70	196	3	3	4	4	10	1	53	6
Juillet	12	35	0	0	12	9	0	0	0	0
Août	58	225	0	0	10	8	5	0	43	5
Septembre	9	23	3	3	5	2	0	0	1	1
Octobre	4	256	0	0	4	4	0	0	0	0
Novembre	5	19	0	0	0	0	0	0	5	5
Decembre	11	293	4	4	7	7	0	0	0	0
Janvier	8	71	0	0	8	5	0	0	0	0
Février	4	15	0	0	4	3	0	0	0	0
Mars	6	5	0	0	6	3	0	0	0	0
Avril	5	220	0	0	5	5	0	0	0	0
Mai	14	184	7	7	6	6	0	0	1	1
Total	317	1752	20	20	79	62	19	2	199	24
NE	Nombre des animaux examinés		NI		Nombre des animaux infestés					

Tableau IX. Paramètres parasitologiques des tiques Ixodidés chez les bovins étudiés.

Paramètre	N. de bovins examinés	N. de bovins infestés	N. total de tiques collectées	Taux d'infestation	Intensité d'infestation	Abondance des tiques
Résultat	317	108	1752	34,07 %	16,22	5.52

2. Espèces de tiques collectées

Entre mai 2022 et mai 2023, un total de 1 752 tiques adultes ixodidés ont été collectées et identifiées, comprenant 1 353 mâles et 399 femelles, les larves et nymphes ayant été exclues des collectes (Annexe 02). Ces tiques appartiennent à trois genres de la famille des Ixodidés : *Hyalomma* ($n = 1\ 607$; 91,72 %), *Rhipicephalus* ($n = 144$; 8,22 %) et *Dermacentor* ($n = 1$; 0,06 %). L'espèce la plus fréquente était *H. excavatum* ($n = 767$; 43,78 %), suivie de *H. marginatum* ($n = 353$; 20,15 %), *H. lusitanicum* ($n = 321$; 18,32 %), *H. scupense* ($n = 153$; 8,73 %), *R. bursa* ($n = 132$; 7,53 %), *H. impeltatum* ($n = 13$; 0,74 %), *R. (Boophilus) annulatus* ($n = 8$; 0,46 %), *R. sanguineus sensu lato* ($n = 4$; 0,23 %) et *D. marginatus* ($n = 1$; 0,06 %) (voir Tableau X).

Tableau X. Nombre total et prévalence des espèces de tiques Ixodidés collectées dans différentes communes entre mai 2022 et mai 2023.

Genre	Espèce de tiques	Mâles (♂)	Femelles (♀)	Nombre total de tiques (%)
<i>Hyalomma</i>		1271	336	1607 (91.72)
	<i>H. excavatum</i>	626	141	767 (43.78)
	<i>H. marginatum</i>	230	123	353 (20.15)
	<i>H. lusitanicum</i>	280	41	321 (18.32)
	<i>H. scupense</i>	124	29	153 (8.73)
	<i>H. impeltatum</i>	11	2	13 (0.74)
<i>Rhipicephalus</i>		82	62	144 (8.22)
	<i>R. bursa</i>	81	51	132 (7.53)
	<i>R. (Boophilus) annulatus</i>	1	7	8 (0.46)
	<i>R. sanguineus sensu lato</i>	0	4	4 (0.23)
<i>Dermacentor</i>		0	1	1 (0.06)
	<i>D. marginatus</i>	0	1	1 (0.06)
Total		1353	399	1752 (100)

3. L'indice de discrédance (*D*)

L'indice de discordance (*D*) a montré des variations saisonnières importantes dans l'agrégation des tiques Ixodidés, avec des valeurs globales (*D*) comprises entre 0,88 pour *H. excavatum* et 0,98 pour *H. impeltatum* (Tableau XI). *H. excavatum* et *H. lusitanicum* ont montré une agrégation plus marquée en été et en automne, avec des valeurs respectives de 0,94 et 0,96 en été, et de 0,67 et 0,79 en automne. En revanche, l'hiver a présenté des valeurs plus faibles, notamment 0,50 pour *H. excavatum* et 0,66 pour *H. lusitanicum*, traduisant une distribution plus uniforme durant cette saison. *H. marginatum* et *R. bursa* ont présenté une agrégation maximale en été (*D* = 0,93 pour les deux espèces), tandis qu'au printemps, des niveaux modérés ont été observés avec des valeurs de 0,52 pour *H. marginatum* et 0,51 pour *R. bursa*. *H. scupense* a montré une forte agrégation aussi bien en été (*D* = 0,94) qu'en hiver (*D* = 0,89), suggérant une distribution nettement agrégée au cours de ces deux saisons. Enfin, *H. impeltatum*, *R. (Boophilus) annulatus*, *R. sanguineus* s.l. et *D. marginatus* ont été collectées en faibles effectifs, ce qui pourrait avoir limité la possibilité d'une analyse saisonnière approfondie.

Tableau XI. Indice de discordance global et saisonnier (*D*) des espèces de tiques Ixodidés collectées sur les bovins.

Espèces de tiques	<i>D</i> global	Indice de discordance (<i>D</i>)			
		Été	Automne	Hiver	Printemps
<i>H. excavatum</i>	0.88	0.94	0.67	0.50	0.66
<i>H. marginatum</i>	0.89	0.93	0.67	0.68	0.52
<i>H. lusitanicum</i>	0.93	0.96	0.79	0.66	0.76
<i>H. scupense</i>	0.94	0.94	-	0.89	-
<i>H. impeltatum</i>	0.98	0.98	-	-	-
<i>R. bursa</i>	0.91	0.93	-	-	0.51
<i>R. (Boophilus) annulatus</i>	-	-	-	-	-
<i>R. sanguineus</i> s.l.	-	-	-	-	-
<i>D. marginatus</i>	-	-	-	-	-

4. Répartition des espèces de tiques ixodidés dans diverses communes

Des différences significatives dans la répartition des espèces de tiques Ixodidae ont été observées entre les communes étudiées (Figure 30 et Tableau XII). *H. excavatum* a présenté la prévalence la

plus élevée (43,78 %), avec des différences hautement significatives entre les communes ($p < 0,001$), étant principalement abondante à Sidi Bakhti ($n = 616$). De même, *H. marginatum* (20,15 %) et *H. lusitanicum* (18,32 %) ont montré des différences hautement significatives dans leur distribution ($p < 0,001$), se concentrant majoritairement à Sidi Bakhti. *H. scupense* (8,73 %) a révélé une variation hautement significative dans les communes ($p < 0,001$), avec une forte concentration à Sidi Hosni ($n = 73$). Bien que moins fréquente, *H. impeltatum* (0,74 %) a également montré des différences de répartition très significatives ($p < 0.01$), étant présente uniquement à Aïn El Hadid et Sidi Bakhti. Concernant *R. bursa* (7,53 %), une variation hautement significative a été observée ($p < 0,001$), la majorité des individus étant trouvés à Aïn El Hadid et Sidi Bakhti. *R. (Boophilus) annulatus* a aussi montré des différences de répartition très significatives ($p < 0,01$), bien qu'il ait été observé en nombre limité ($n = 8$), principalement dans la région de Sidi Bakhti. Enfin, aucune variation significative n'a été observée dans la répartition de *R. sanguineus* s.l. et *D. marginatus* entre les communes ($p > 0,05$).

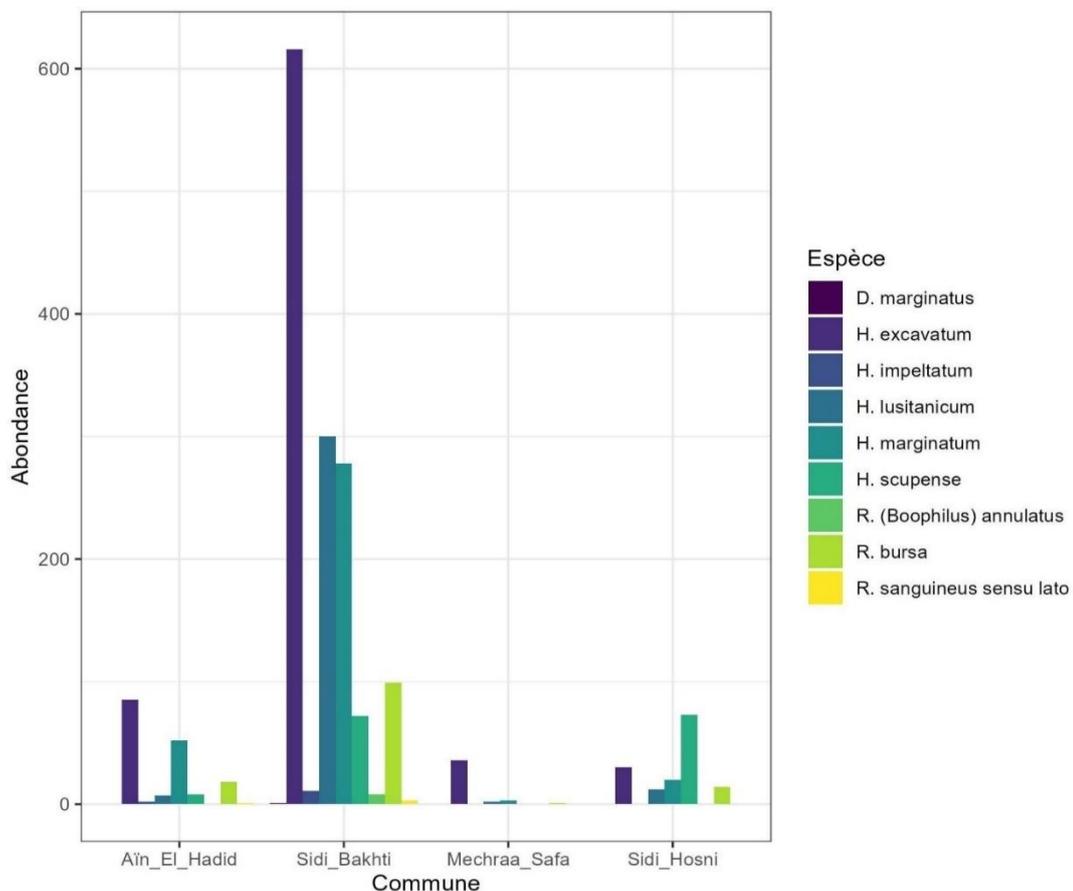


Figure 30. Répartition des espèces de tiques par commune dans la wilaya de Tiaret.

5. Répartition saisonnière des espèces adultes de tiques

En fonction des saisons, la plus grande abondance d'infestation par les tiques Ixodidés adultes a aussi été observée en été (38,01 %, $n = 666$), suivie du printemps (23,34 %, $n = 409$), de l'hiver (21,35 %, $n = 374$) et de l'automne (17,29 %, $n = 303$), cette dernière présentant l'abondance la plus faible. Le test de Kruskal-Wallis a révélé des variations saisonnières hautement significatives dans l'abondance de *H. excavatum*, *H. marginatum*, *H. lusitanicum* et *R. bursa* ($p < 0,001$) (Tableau XII). Aucune différence significative n'a été observée pour les autres espèces ($p > 0,05$). La figure 31 montre que *H. excavatum* était plus abondante en été et en hiver, tandis que *H. marginatum* a atteint son pic au printemps, et *H. lusitanicum* a présenté son abondance maximale en automne. *R. bursa* a été principalement trouvé au printemps et en été.

Tableau XII. Répartition des espèces de tiques en fonction des communes et des saisons.

Communes	Espèces de tiques								
	<i>H. ex</i>	<i>H. ma</i>	<i>H. lu</i>	<i>H. sc</i>	<i>H. im</i>	<i>R. bu</i>	<i>R. an</i>	<i>R. sa</i>	<i>D. ma</i>
Aïn El Hadid	85	52	7	8	2	18	0	1	0
Mechraa Safa	36	3	2	0	0	1	0	0	0
Sidi Bakhti	616	278	300	72	11	99	8	3	1
Sidi Hosni	30	20	12	73	0	14	0	0	0
X^2	126.00	101.00	92.80	26.40	14.60	64.90	13.90	7.69	2.74
* Valeur p	0.001*	0.001*	0.001*	0.001*	0.002*	0.001*	0.003*	0.052	0.434
Saison									
Été	252	136	79	118	11	63	3	4	0
Automne	157	12	120	9	0	0	5	0	0
Hiver	247	19	85	22	0	0	0	0	1
Printemps	111	186	37	4	2	69	0	0	0
X^2	121.0	83.4	62.9	7.26	1.21	90.9	8.45	0.55	9.71
* Valeur p	0.001*	0.001*	0.001*	0.064	0.750	0.001*	0.037	0.907	0.061

* Cela signifie que les résultats du test de Kruskal-Wallis sont statistiquement significatifs ($p < 0,05$).

Abréviations des espèces de tiques : *H. ex* : *Hyalomma excavatum*, *H. ma* : *Hyalomma marginatum*, *H. lu* : *Hyalomma lusitanicum*, *H. sc* : *Hyalomma scupense*, *H. im* : *Hyalomma impeltatum*, *R. bu* : *Rhipicephalus bursa*, *R. an* : *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus*, *R. sa* : *Rhipicephalus sanguineus* s.l., *D. ma* : *Dermacentor marginatus*.

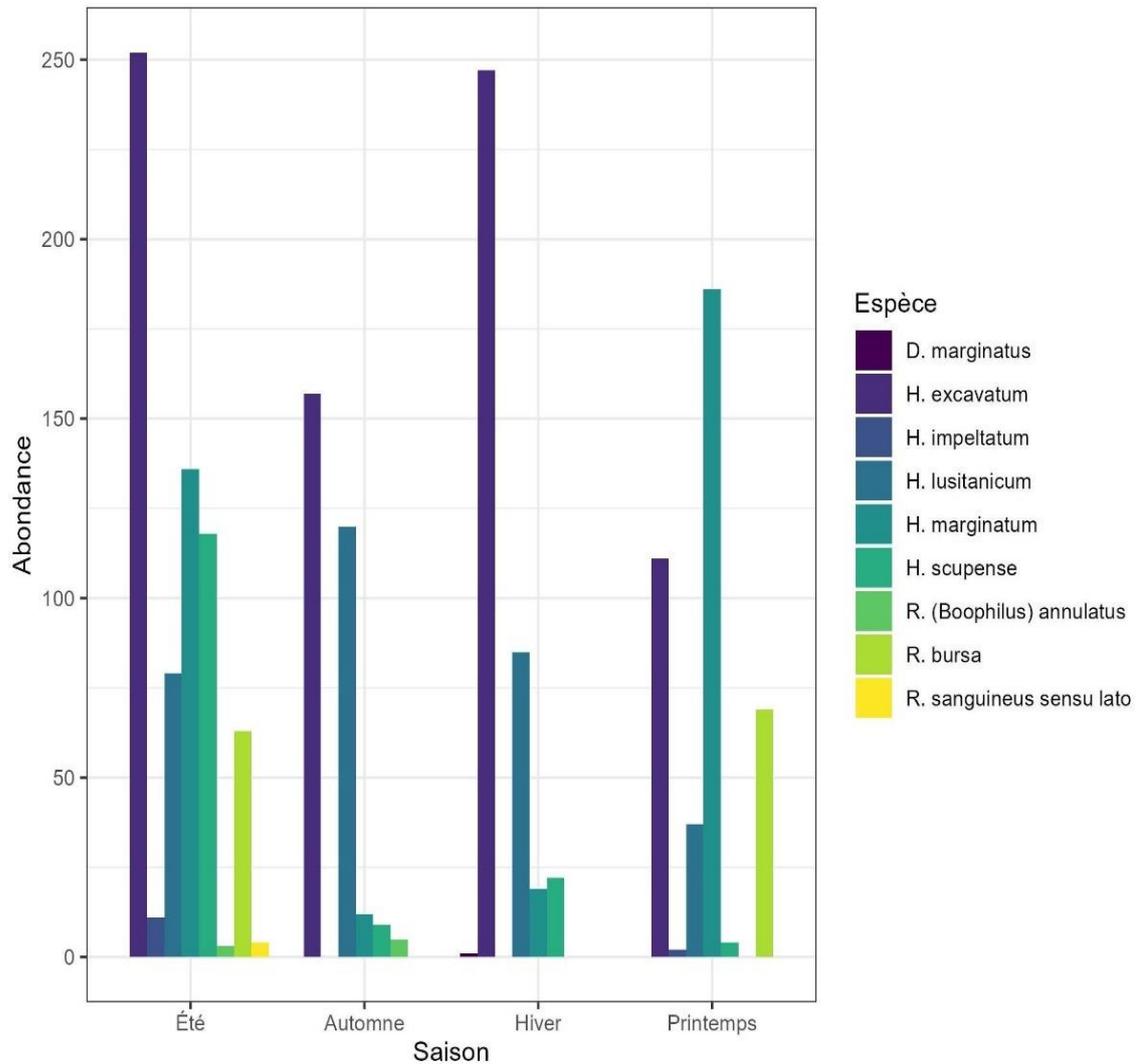


Figure 31. Variation saisonnière de l'abondance des espèces de tiques Ixodidés collectées au cours de l'étude.

6. Sites de fixation préférentiels des tiques Ixodidés adultes sur les bovins

Les espèces de tiques Ixodidés ont aussi montré des préférences significatives pour certains sites spécifiques d'attachement sur le corps des bovins (Tableau XIII). Parmi les sept zones de prédilection étudiées, les tiques étaient concentrées dans quatre zones corporelles distinctes. La majorité des spécimens (95,43 %, $n = 1\ 672$) ont été retrouvés dans la zone 5, incluant le sternum, l'abdomen, la mamelle, le scrotum et les faces internes des membres postérieurs (Figure 32). Les zones 6 (4,11 %, $n = 72$) et 7 (0,40 %, $n = 7$) étaient moins fréquentées, tandis que la zone 1,

correspondant à la tête et aux oreilles, présentait l'infestation la plus faible (0,06 %, $n = 1$). Les autres zones du corps étaient pratiquement inhabitées.

H. excavatum montrait une nette préférence pour la zone 5 ($p < 0,001$), avec 756 spécimens (95,43 %) enregistrés dans cette zone. Les analyses réalisées avec le test de Kruskal-Wallis ont confirmé des variations significatives dans les préférences de fixation pour cette espèce. *H. lusitanicum* montrait également une forte préférence pour la zone 5, avec 320 spécimens, et des différences très significatives ont aussi été observées dans ses sites d'attachement ($p < 0,05$).

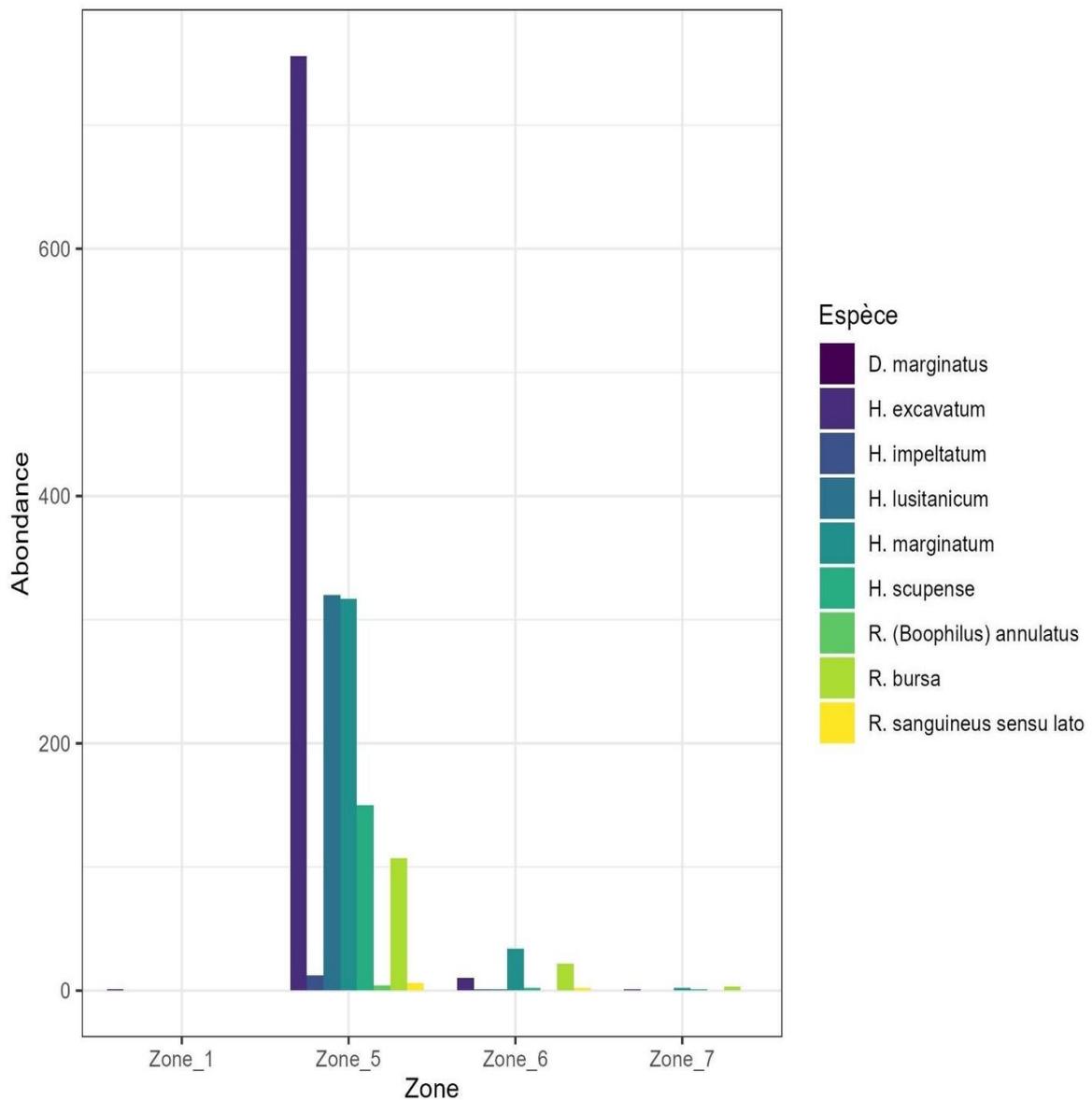


Figure 32. Répartition des espèces de tiques Ixodidés selon les régions corporelles des bovins.

H. marginatum, *H. scupense* et *R. bursa* étaient aussi concentrées dans la zone 5, bien qu'aucune différence significative n'ait été observée entre les zones ($p > 0,05$). Une tendance a été observée concernant les sites de fixation préférés des espèces *H. impeltatum*, *R. (Boophilus) annulatus*, *R. sanguineus* s.l. et *D. marginatus*. Cependant, le faible nombre de spécimens collectés pour ces espèces a limité la possibilité de réaliser des analyses statistiques plus approfondies.

Tableau XIII. Répartition des espèces de tiques selon les zones d'attachement préférentielles chez les bovins.

Partie du corps	<i>H. ex</i>	<i>H. ma</i>	<i>H. lu</i>	<i>H. sc</i>	<i>H. im</i>	<i>R. bu</i>	<i>R. an</i>	<i>R. sg</i>	<i>D. ma</i>	Total (%)
Zone 1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1 (0.06)
Zone 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0)
Zone 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0)
Zone 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0)
Zone 5	756	317	320	150	12	107	4	6	0	1672 (95.43)
Zone 6	10	34	1	2	1	22	0	2	0	72 (4.11)
Zone 7	1	2	0	1	0	3	0	0	0	7 (0.40)
X^2	15.50	1.32	9.61	3.62	0.25	4.44	4.45	0.31	118.0	-
* Valeur p	0.001*	0.724	0.022*	0.306	0.969	0.218	0.217	0.958	0.001*	-
* Cela signifie que les résultats du test de Kruskal-Wallis sont statistiquement significatifs ($p < 0,05$).										
Abréviations des espèces de tiques : <i>H. ex</i> : <i>Hyalomma excavatum</i> , <i>H. ma</i> : <i>Hyalomma marginatum</i> , <i>H. lu</i> : <i>Hyalomma lusitanicum</i> , <i>H. sc</i> : <i>Hyalomma scupense</i> , <i>H. im</i> : <i>Hyalomma impeltatum</i> , <i>R. bu</i> : <i>Rhipicephalus bursa</i> , <i>R. an</i> : <i>Rhipicephalus (Boophilus) annulatus</i> , <i>R. sa</i> : <i>Rhipicephalus sanguineus</i> s.l., <i>D. ma</i> : <i>Dermacentor marginatus</i> .										

D. DISCUSSION

1. Prévalence globale de l'infestation par les tiques

Parmi les 317 bovins examinés, 108 (soit 34,07 % ; IC à 95 % : 28–39) étaient infestés par des tiques. Ce taux est comparable à celui observé par Boulkaboul (2003) dans la région de Tiaret (31 %) et par Sado Yousseu et al. (2022) à Yaoundé, au Cameroun (39,18 %). Cependant, le taux observé dans cette étude est inférieur à celui de 68,23 % rapporté par Belete et Mekuria (2023) dans le sud-ouest de l'Éthiopie. Les différences observées entre ces études peuvent être attribuées à des variations dans les conditions agroécologiques, les pratiques de soins vétérinaires, la taille des échantillons et les méthodes de détection, qui sont influencées par des facteurs tels que la localisation géographique, les conditions climatiques, la race des bovins, les espèces de tiques et les stratégies de gestion des infestations. L'étendue de l'infestation par les tiques chez les animaux est généralement modifiée par une interaction complexe de facteurs liés à l'hôte et à l'environnement. Les facteurs liés à l'hôte, tels que l'âge, le sexe et la race des bovins, peuvent jouer un rôle déterminant dans leur susceptibilité à l'infestation (Asmaa et al., 2014). Par ailleurs, la température et les précipitations exercent une influence majeure sur le développement et l'activité des tiques (Estrada-Peña et al., 2012).

L'étude révèle des différences marquées dans les taux d'infestation par les tiques entre les communes. Aïn El Hadid présente le taux d'infestation le plus élevé, à 100 %, suivi de Sidi Bakhti avec 78,48 %. En revanche, les taux observés à Sidi Hosni et Mechraa Safa sont beaucoup plus faibles, avec 12,06 % et 10,53 % respectivement. Ces variations pourraient être liées en grande partie à la saisonnalité des tiques plutôt qu'à des différences intrinsèques entre les communes. De plus, les populations de tiques sont influencées par des facteurs environnementaux, des conditions agroécologiques et des pratiques d'élevage. Les facteurs locaux, tels que les conditions climatiques et les stratégies d'application d'acaricides utilisées par les éleveurs, jouent un rôle déterminant dans la régulation des populations de tiques. Selon Boulkaboul (2003), les taux d'infestation sont généralement plus élevés durant la saison de pic de l'activité parasitaire. À l'inverse, les faibles taux d'infestation peuvent être expliqués par les variations saisonnières et la répartition des tiques dans divers microclimats. Par ailleurs, la prévalence de l'infestation est influencée par la densité des populations de tiques et les conditions environnementales qui favorisent leur prolifération, soulignant la complexité des interactions entre pratiques de gestion et facteurs écologiques. Plusieurs éléments ont été associés à une prévalence plus élevée des tiques dans les fermes

d'élevage, tels que l'absence de volailles rurales, des traitements acaricides insuffisants, des systèmes d'habitat traditionnels et certaines pratiques de pâturage (Rehman et al. 2017).

Dans l'ensemble, l'intensité de l'infestation par les tiques dans la wilaya de Tiaret était de 16,22 tiques par animal infesté, tandis que l'abondance s'élevait à 5,52 tiques par bovin examiné, ce qui révèle une variation significative des niveaux d'infestation. Bien que d'intensité et d'abondance soient relativement faibles dans la wilaya, ces résultats pourraient ne pas refléter pleinement la réalité des conditions sur le terrain, étant donné que seules les tiques adultes ont été collectées. Il est donc recommandé de mener une étude longitudinale quantitative plus détaillée, prenant en compte tous les stades de développement des tiques, afin d'obtenir une évaluation plus précise.

2. Espèces de tiques

Les espèces de tiques ixodidés les plus fréquemment identifiées dans cette étude appartiennent principalement au genre *Hyalomma* (91,72 %), suivies de celles du genre *Rhipicephalus* (8,22 %). La prédominance et la diversité marquées des espèces des genres *Hyalomma* et *Rhipicephalus* sur le bétail sont en accord avec les recherches précédentes menées en Algérie (Boukhaboul, 2003 ; Kouidri et al., 2018 ; Yousfi-Monod et Aeschlimann, 1986), ainsi que dans les pays voisins, au Maroc (Elhachimi et al., 2021 ; Laamri et al., 2012) et en Tunisie (Rjeibi et al., 2016). Ces résultats suggèrent que les infestations de tiques sur les bovins sont dominées par des espèces de ces deux genres, qui sont également des vecteurs de maladies économiquement importantes dans la région.

Dans cette étude, *H. excavatum* a été identifiée comme l'espèce de tique la plus prédominante ($n = 767$; 43,78 %), ce qui confirme les résultats de recherches antérieures menées en Algérie (Kouidri et al., 2018) ainsi qu'en Tunisie (Rjeibi et al., 2016). Cette espèce a été observée dans toutes les zones échantillonnées, ce qui témoigne de sa capacité à s'adapter à une diversité de milieux. La distribution, la prévalence et la taille des populations de *H. excavatum* sont étroitement liées à la présence de rongeurs fouisseurs et d'autres petits mammifères, qui constituent des hôtes favorables pour ses stades immatures (Estrada-Peña et al., 2017).

3. Indice de discordance des tiques (D)

L'indice de discordance (D) a révélé des variations saisonnières marquées dans l'agrégation des tiques Ixodidae, avec des valeurs globales comprises entre 0,88 pour *H. excavatum* et 0,98 pour *H. impeltatum*. Ces résultats illustrent une hétérogénéité saisonnière marquée dans l'agrégation des tiques, indiquant que leur distribution n'est pas uniforme au cours de l'année, certaines saisons étant plus favorables à leur prolifération. La majorité des espèces a présenté des variations

saisonniers notables dans leurs schémas d'agrégation, suggérant que des facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité et la couverture végétale jouent un rôle déterminant dans la dynamique des populations de tiques. Plusieurs espèces, comme *H. excavatum*, *H. lusitanicum*, *H. marginatum* et *R. bursa*, ont montré des pics d'agrégation pendant les mois d'été, probablement en raison des conditions optimales pour leur développement et leur activité. En revanche, *H. scupense* a montré une forte agrégation à la fois en été et en hiver, ce qui suggère que cette espèce pourrait avoir une préférence pour des conditions environnementales spécifiques qui se maintiennent au cours de ces deux saisons. À l'inverse, *H. impeltatum*, *R. (Boophilus) annulatus*, *R. sanguineus* s.l. et *D. marginatus* ont été observés en faibles nombres, ce qui pourrait avoir limité la possibilité de réaliser une analyse exhaustive, rendant difficile de tirer des conclusions définitives sur leur distribution saisonnière. La connaissance de ces dynamiques est cruciale pour une gestion efficace des tiques et une évaluation appropriée des risques liés aux maladies transmises par les tiques chez les animaux d'élevage.

4. Abondance des espèces de tiques dans différentes communes

L'étude a révélé des différences significatives dans la répartition des espèces de tiques Ixodidae associées aux bovins dans diverses communes. *H. excavatum* a été l'espèce dominante, représentant 43,78 % de la population totale, avec une abondance particulièrement élevée à Sidi Bakhti ($n = 616$). Cela suggère que cette région offre probablement des conditions favorables à son cycle de vie et à sa reproduction. La variation hautement significative observée ($p < 0,001$) entre les communes souligne l'importance des facteurs environnementaux locaux, tels que la végétation, la disponibilité des hôtes et le microclimat. *H. marginatum* (20,15 %) et *H. lusitanicum* (18,32 %) ont également montré des variations hautement significatives ($p < 0,001$), avec des densités élevées à Sidi Bakhti, ce qui en fait une zone potentiellement sensible en raison de la présence d'hôtes adaptés et de conditions environnementales favorables. *H. scupense* (8,73 %) était plus abondant à Sidi Hosni, tandis que *H. impeltatum* (0,74 %) avait une distribution limitée, se trouvant uniquement à Aïn El Hadid et Sidi Bakhti. *R. bursa* (7,53 %) était concentrée à Aïn El Hadid et Sidi Bakhti. Bien que *R. (Boophilus) annulatus* ait présenté de faibles effectifs ($n = 8$), sa répartition a montré des variations très significatives ($p < 0,01$). Cependant, aucune différence significative n'a été observée dans la distribution de *R. sanguineus* s.l. et *D. marginatus*, indiquant une présence constante à travers les communes ($p > 0,05$).

Ces résultats confirment les études antérieures indiquant que l'abondance des tiques varie en fonction des habitats et des zones écologiques (Okello-Onen et al., 1999). D'après Boulkaboul

(2003), la distribution et l'abondance des tiques sont étroitement influencées par des facteurs géoclimatiques comme la température, l'humidité et la végétation. Ces résultats soulignent l'importance des facteurs écologiques dans la structure des populations de tiques et montrent la nécessité d'approfondir les recherches pour mieux comprendre la dynamique de leur répartition et les implications pour la gestion des maladies transmises par ces tiques. Pour que les mesures de contrôle soient efficaces, il est essentiel de tenir compte de la répartition spécifique des tiques au sein de chaque zone écologique. Cette approche permettra de sélectionner les acaricides les plus adaptés pour gérer les populations de tiques et limiter les infestations chez les bovins.

5. Espèces de tiques et leur variation saisonnière

Dans cette étude, la plus forte abondance de tiques adultes a été enregistrée en été (38,01 %), suivie par le printemps (23,34 %), l'hiver (21,63 %) et enfin l'automne, où l'abondance était la plus faible (17,00 %). Ce schéma saisonnier semble étroitement lié à l'augmentation des températures et à une activité accrue des hôtes pendant l'été, créant des conditions favorables à la survie et à la reproduction des tiques Ixodidae. Ces résultats confirment les données rapportées dans des études précédentes menées en Algérie (Bedouhene et al., 2022) et en Tunisie (Rjeibi et al., 2016).

Par ailleurs, les tiques du genre *Hyalomma* se sont révélées être les plus abondantes sur les bovins de la wilaya de Tiaret. Elles ont été observées tout au long de l'année, avec une abondance plus marquée en été qu'en hiver, un résultat en accord avec les observations rapportées dans d'autres régions du Maghreb (Bedouhene et al., 2022 ; Boulkaboul, 2003 ; Gharbi et Darghouth, 2014 ; Laamari et al., 2012 ; Yousfi-Monod et Aeschlimann, 1986).

L'espèce de tique *H. excavatum*, qui a été la plus fréquemment rencontrée dans cette étude, a présenté une variation saisonnière hautement significative ($p < 0,001$), les infestations atteignant leur apogée durant les saisons estivale et hivernale. Ces résultats sont en accord avec les observations d'autres chercheurs (Bedouhene et al., 2022 ; Rjeibi et al., 2016), suggérant que *H. excavatum* est particulièrement bien adaptée à ces périodes et pourrait exploiter différents hôtes ou environnements afin de maintenir sa population. Cette espèce peut suivre un cycle de vie à deux ou trois hôtes, selon la disponibilité de ces derniers. En Afrique du Nord, les adultes de *H. excavatum* ont été observés sur le bétail tout au long de l'année, avec une population atteignant un pic au printemps et une diminution durant les mois d'hiver (Walker et al., 2003). Le rôle potentiel de *H. excavatum* dans la transmission de maladies reste encore insuffisamment caractérisé. Toutefois, ses stades immatures peuvent servir de vecteurs pour des agents pathogènes tels que *Theileria* spp. (Walker et al., 2003) et *Anaplasma* spp. (M'ghirbi et al., 2010).

H. lusitanicum est une tique à trois hôtes, chaque stade de développement (larve, nymphe et adulte) se nourrissant sur un hôte différent. Après l'engorgement, chaque stade se détache de l'hôte pour muer au sol. En revanche, *H. marginatum* est généralement une tique à deux hôtes, bien qu'elle puisse adopter un cycle à trois hôtes dans certaines conditions, notamment lors d'infestations artificielles. Dans ces cas, les larves gorgées peuvent rester sur l'hôte pour muer et poursuivre leur alimentation au stade nymphal (Tendeiro, 1962). Les deux espèces parasitent une grande variété d'hôtes domestiques et sauvages. Toutefois, *H. lusitanicum* est plus fréquemment associée à la faune sauvage, tandis que *H. marginatum* tend à cibler les animaux domestiques, comme cela a été observé en Afrique (Walker et al., 2003). *H. lusitanicum* est considérée comme une tique ditropique (Estrada-Peña et al., 2004), ses stades immatures se nourrissant principalement sur des lagomorphes, notamment les lapins sauvages, alors que les adultes parasitent des ongulés. Néanmoins, il n'est pas rare que les stades immatures se nourrissent sur les mêmes hôtes que les adultes (Valcárcel et al., 2016). Ces deux espèces ont également été identifiées comme des réservoirs, ou réservoirs potentiels, du virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo (CCHFV) (Bakheit et al., 2012), ce qui suggère un risque zoonotique important, en particulier pour les éleveurs de bétail.

H. scupense, une autre espèce de tique collectée dans cette étude, n'a montré aucune variation saisonnière significative de son abondance ($p > 0,05$). Les adultes ont été observés sur les bovins tout au long de l'année, avec une abondance plus marquée en été qu'en hiver. *H. scupense* est une tique monotropique à deux hôtes, dont les larves et les nymphes se nourrissent sur le même hôte, tandis que les adultes se nourrissent sur un hôte différent (Walker et al., 2003). En Algérie, *H. scupense* est généralement présente sur le bétail à partir de la fin du printemps, atteignant un pic en juillet, avant de disparaître vers la fin du mois d'août (Boulkaboul, 2003 ; Benchikh Elfegoun, 2014 ; Yousfi-Monod et Aeschlimann, 1986). En revanche, les larves et les nymphes parasitent activement les bovins durant les mois d'automne, de septembre à décembre. Cette espèce est fréquemment retrouvée dans des environnements proches des animaux, tels que les granges, les écuries, les hangars et les enclos (Estrada-Peña et al., 2004). *H. scupense* est considérée comme un vecteur majeur de *T. annulata*, agent étiologique de la theilériose tropicale bovine, et de *T. equi*, responsable de la piroplasmose équine (Bakheit et al., 2012 ; Gharbi et Darghouth, 2014). Elle peut également transmettre *Rickettsia aeschlimannii* et *Coxiella burnetii*, l'agent de la fièvre Q, et est identifiée comme vecteur potentiel du virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo (CCHFV) (Bakheit et al., 2012).

H. impeltatum est largement distribué à travers le Paléarctique, l'Afrique du Nord, la péninsule arabique, le Moyen-Orient et l'Anatolie, s'étendant jusqu'à l'Afghanistan et le Pakistan à l'est. Il est également présent en Afrique subsaharienne, formant une bande allant du Sénégal et de la Mauritanie à l'ouest jusqu'à l'Érythrée, à Djibouti et à la Somalie à l'est. Son aire de répartition atteint le sud jusqu'au Cameroun en Afrique centrale et la Tanzanie à l'est (Estrada-Peña et al., 2017). Cette espèce a été observée principalement pendant les saisons estivale et hivernale, sans variation saisonnière significative en termes d'abondance ($p > 0,05$). Cette absence de variation saisonnière pourrait suggérer que *H. impeltatum* présente un cycle de vie plus constant tout au long de l'année ou qu'il est moins influencé par les changements saisonniers. Cette particularité pourrait s'expliquer par sa préférence pour des hôtes disponibles en permanence ou par sa capacité d'adaptation à une large gamme de conditions environnementales. Des observations similaires ont été rapportées dans l'ouest de l'Algérie, où *H. impeltatum* atteignait son pic d'abondance en été (Yousfi-Monod et Aeschlimann, 1986). Toutefois, d'autres études ont mis en évidence une abondance maximale au printemps (Bedouhene et al., 2022) suggérant que des facteurs régionaux pourraient influencer sa dynamique saisonnière.

Le genre *Rhipicephalus* comprend trois espèces principales identifiées dans cette étude : *R. bursa*, *R. (Boophilus) annulatus* et *R. sanguineus* s.l.. Parmi celles-ci, *R. bursa* représentait 7,53 % ($n = 132$) des tiques adultes collectées, avec une variation saisonnière hautement significative ($p < 0,001$). Selon Walker et al. (2003), *R. bursa* est l'une des espèces les plus répandues du genre *Rhipicephalus* en Afrique du Nord, parasitant principalement les moutons, les chèvres, les bovins et les chevaux. Sa présence dans notre étude peut également s'expliquer par les interactions entre les chiens de ferme et les ruminants domestiques. Toutefois, la présence de *R. bursa* dans cette étude peut être expliquée par les contacts entre les chiens et les ruminants domestiques, comme les chiens de ferme. Les adultes de *R. bursa* sont actifs principalement au printemps et en été. Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés dans l'ouest du pays par Yousfi-Monod et Aeschlimann (1986), ainsi que par Laamari et al. (2012) au Maroc. Toutefois, ils diffèrent de ceux obtenus par Bedouhene et al. (2022), Boulkaboul (2003) et Benchikh Elfegoun et al. (2014). Cette espèce est étroitement liée à l'élevage ovin, et se retrouve principalement dans des régions à hivers humides et étés longs et secs (Estrada-Peña et al., 2017). *R. bursa* est reconnu comme le principal vecteur biologique de *Babesia ovis*, responsable de la babésiose ovine, et joue également un rôle important dans la transmission de *Anaplasma ovis*, *A. marginale* et *A. centrale*.

R. (Boophilus) annulatus est une espèce de tique monohôte présentant un comportement monotropique, dans lequel tous les stades de développement (larve, nymphe et adulte) se nourrissent sur un seul et même hôte. La larve s'attache à un hôte, sur lequel elle demeure jusqu'à sa transformation en adulte gorgé de sang (Walker et al., 2003). Cette espèce a été observée aussi bien en été qu'en automne dans notre étude, ce qui contraste avec les résultats rapportés par Bedouhene et al. (2022) et Boulkaboul (2003). En Afrique du Nord, l'activité de cette tique s'étend généralement de septembre à janvier, avec un pic en octobre. L'écologie de *R. (Boophilus) annulatus* présente des similitudes avec celle d'autres espèces du sous-genre *Boophilus* (Walker et al., 2003). Cette tique est bien connue pour son rôle de vecteur de la babésiose bovine, causée par *B. bigemina* et *B. bovis*, ainsi que pour sa capacité à transmettre *A. marginale*, l'agent étiologique de l'anaplasmose bovine (Walker et al., 2003).

R. sanguineus s.l., regroupant un ensemble d'espèces morphologiquement proches mais génétiquement distinctes, est considéré comme l'une des espèces de tiques les plus largement distribuées à l'échelle mondiale (Dantas-Torres, 2008). Bien qu'elle parasite principalement les chiens, son hôte principal, elle peut également infester occasionnellement d'autres mammifères, y compris l'être humain (Dantas-Torres, 2008). Les résultats de la présente étude indiquent une activité prédominante durant la saison estivale, ce qui diffère des observations rapportées dans la partie ouest de l'Algérie (Yousfi-Monod et Aeschlimann, 1986). *R. sanguineus* s.l. est la tique la plus fréquemment rencontrée chez les chiens en milieu urbain à travers le monde. Cependant, elle est aussi présente en zones rurales, notamment dans les refuges pour chiens, les chenils, ou encore les habitations rurales (Estrada-Peña et al., 2017). Selon Yousfi-Monod et Aeschlimann (1986), la cohabitation entre chiens domestiques et animaux d'élevage pourrait favoriser l'infestation croisée.

La dernière espèce de tique identifiée dans cette étude est *D. marginatus*. Cette espèce est typiquement présente dans les régions caractérisées par une couverture végétale dense, dominée par des buissons et des arbres, en particulier dans la partie européenne de la zone méditerranéenne (Estrada-Peña et al., 2004). Un seul spécimen de *D. marginatus* (0,06 %), une tique femelle, a été collecté pendant la saison hivernale. Ces résultats sont cohérents avec les observations effectuées en Algérie (Bedouhene et al., 2022 ; Yousfi-Monod et Aeschlimann, 1986) ainsi qu'au Maroc (Laamari et al., 2012). *D. marginatus* privilégie écologiquement les zones sous végétation de chêne et de pin (Estrada-Peña et al., 2004 ; Yousfi-Monod et Aeschlimann, 1986). Cette espèce présente une préférence pour des conditions thermophiles, surpassant en cela certaines autres espèces de tiques coexistant dans les mêmes habitats, telles que *I. ricinus* et *Haemaphysalis parva*

(Estrada-Peña et al., 2004). L'activité saisonnière des adultes de *D. marginatus* atteint un pic plus élevé au printemps, avec un autre pic plus modéré en automne (Hornok, 2009). *D. marginatus* est un vecteur bien connu de plusieurs agents pathogènes, tels que le virus de l'encéphalite à tiques, le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo, ainsi que des infections comme *B. caballi* et *T. equi* (Nosek, 1972)

6. Sites préférentiels d'attachement des tiques Ixodidae

La majorité des tiques (95,43 %, $n = 1\ 672$) a été localisée dans la zone 5, correspondant au sternum, à l'abdomen, à la mamelle, au scrotum ainsi qu'aux faces internes des membres postérieurs. Cette préférence d'attachement s'explique par la finesse de la peau, la rareté des poils dans les régions génitales externes, ainsi que par la forte vascularisation de ces régions. Ces caractéristiques favorisent l'insertion des pièces buccales pour le repas sanguin (Ernieenor et al., 2020 ; Ikpeze et al., 2011). Des résultats similaires ont été rapportés dans d'autres études (Benchikh Elfegoun et al., 2019 ; Magesa et al., 2023).

Nos résultats ont montré que les espèces appartenant aux genres *Hyalomma* (*H. excavatum*, *H. marginatum*, *H. lusitanicum*, *H. scupense* et *H. impeltatum*) et *Rhipicephalus* (*R. bursa*, *R. (Boophilus) annulatus* et *R. sanguineus* s.l.) se localisaient principalement dans la zone 5 des bovins, à l'exception de *D. marginatus*, qui était plutôt retrouvé dans la zone 1. Ces observations sont en accord avec celles rapportées dans l'est de l'Algérie (Bedouhene et al., 2022 ; Benchikh Elfegoun et al., 2019). Yousfi-Monod et Aeschlimann (1986) ont également noté que les tiques adultes du genre *Hyalomma* s'attachent fréquemment au niveau des quartiers postérieurs des mamelles des vaches, un point confirmé par Gharbi et Darghouth (2014).

La répartition des tiques ixodidés sur leurs sites préférentiels d'attachement pourrait être influencée par des comportements intrinsèques complexes, régulés par des signaux chimiques. Diverses phéromones, émises par l'anus, les glandes coxales et les orifices génitaux des femelles, jouent un rôle essentiel dans des comportements tels que l'agrégation, l'accrochage et l'attachement lors de l'attraction pour l'accouplement, ainsi que dans la reconnaissance du partenaire chez les mâles, la montée et la copulation (Lorusso et al., 2013). En outre, plusieurs facteurs, tels que la diversité des hôtes, les interactions entre espèces de tiques, les variations saisonnières et l'accessibilité aux zones de peau en fonction du toilettage de l'hôte, influencent l'attachement des tiques sur la peau de leurs hôtes (Mazet et al., 2009).

CHAPITRE II :

ÉTUDE DE L'ÉPIDÉMIOLOGIE DES PATHOGÈNES TRANSMIS PAR LES TIQUES CHEZ LES BOVINS (PIROPLASMOSES BOVINES)

A. OBJECTIFS

Le deuxième volet de cette étude est consacré à l'évaluation de l'infection des bovins par des hémopathogènes. Il a pour objectifs de :

- 1) Détecter les infections à piroplasmes (*Babesia* spp. et *Theileria* spp.) chez les bovins, par examen microscopique de frottis sanguins colorés au MGG.
- 2) Estimer la prévalence des hémopathogènes identifiés au sein de la population bovine étudiée.
- 3) Analyser les principaux facteurs de risque associés aux infections, notamment l'âge, le sexe, la race et la saison.

B. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Région d'études

Des prélèvements sanguins ont été effectués sur des bovins provenant de diverses localités de la wilaya de Tiaret, située dans le nord-ouest de l'Algérie. Les échantillons ont été collectés dans onze communes : Aïn Bouchekif, Aïn El Hadid, Dahmouni, Guertoufa, Mechraa Safa, Meghila, Si Abdelghani, Sidi Bakhti, Sidi Hosni, Tiaret et Tousnina. Les contours géographiques et les coordonnées de la région étudiée sont présentés respectivement dans la figure 33.

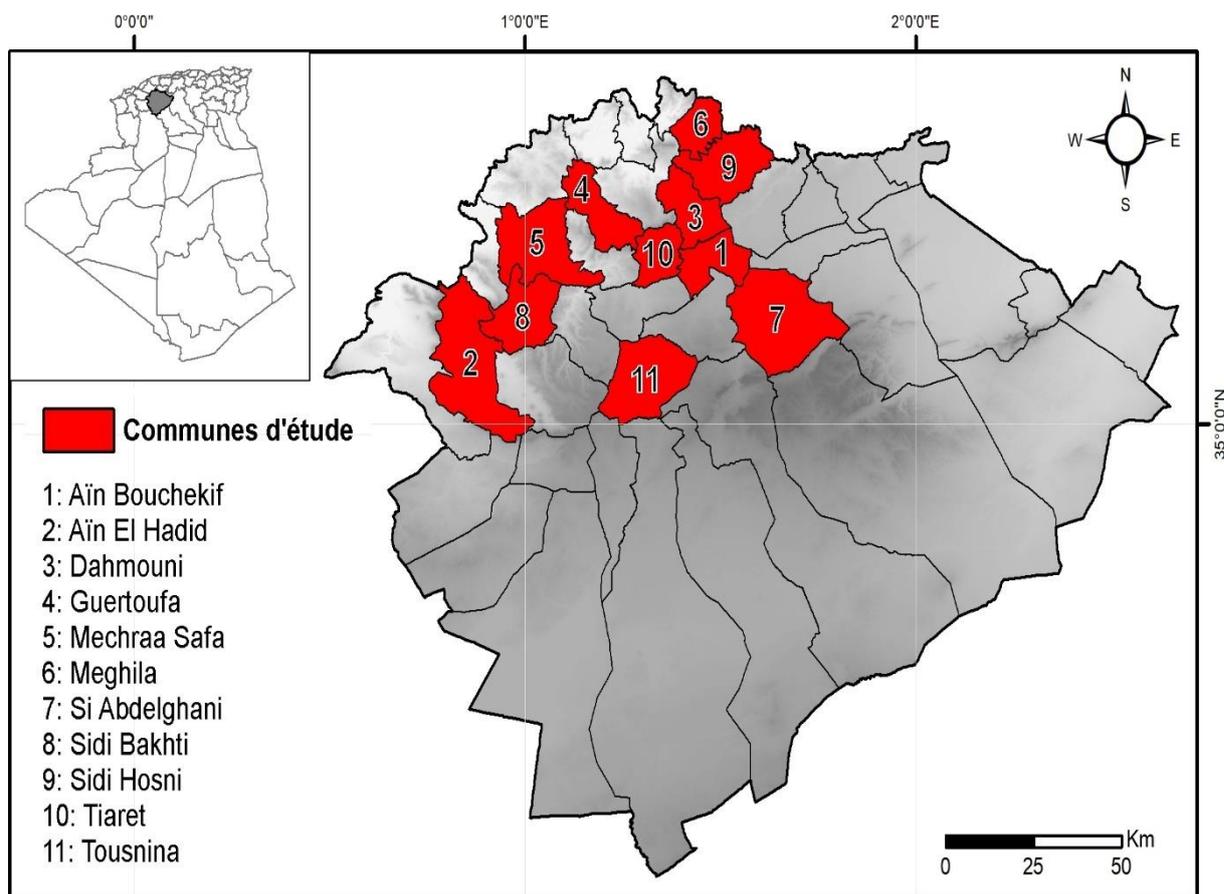


Figure 33. Cartographie de la wilaya de Tiaret présentant les communes étudiées et les sites de prélèvement des échantillons.

2. Animaux d'étude

Au total, 148 échantillons de sang ont été prélevés au hasard sur des bovins provenant de 19 fermes situées dans onze communes de la wilaya de Tiaret, entre mai 2022 et août 2024 (Tableau XIV). En moyenne, chaque ferme visitée possédait 13 bovins, ce qui reflète une taille modérée du cheptel dans les exploitations de la région.

Tableau XIV. Répartition des différentes fermes et des prélèvements sanguins réalisés dans les communes de la wilaya de Tiaret.

N°	Commune	Nombre de fermes	Nombre de prélèvements sanguins
01	Aïn Bouchekif	01	17
02	Aïn El Hadid	03	58
03	Dahmouni	03	20
04	Guertoufa	01	10
05	Mechraa Safa	02	09
06	Meghila	01	01
07	Si Abdelghani	01	01
08	Sidi Bakhti	02	15
09	Sidi Hosni	02	5
10	Tiaret	02	5
11	Tousnina	01	07

Parmi les 148 bovins étudiés, 133 étaient des femelles (89,9 %) et 15 étaient des mâles (10,1 %). Ces animaux appartiennent à trois races distinctes : 22 bovins (14,9 %) de la race locale algérienne, également connue sous le nom de Brune de l'Atlas, 69 bovins (46,6 %) de races croisées et 57 bovins (38,5 %) de races exotiques. En ce qui concerne l'âge des animaux, ils ont été classés en trois groupes : 30 bovins âgés de ≤ 1 an, 16 bovins âgés de > 1 et ≤ 3 ans, et 102 bovins âgés de > 4 ans. Cette répartition par âge reflète la diversité des groupes d'animaux dans l'échantillon.

Tous ces bovins provenaient exclusivement de fermes adoptant des systèmes d'élevage extensif (73 bovins, soit 49,3 %) ou semi-extensif (75 bovins, soit 50,7 %). L'alimentation des animaux repose principalement sur les pâturages naturels, les terres en jachère et les résidus de récoltes, avec un complément de foin, de paille et de concentrés pour répondre à leurs besoins nutritionnels. Ce système d'élevage extensif permet aux bovins de se nourrir des ressources naturelles

disponibles. Des soins vétérinaires réguliers et l'utilisation de produits vétérinaires sont également mis en place pour garantir la santé et prévenir les maladies des animaux.

3. Échantillonnage

Un examen clinique a été effectué sur tous les animaux avant les prélèvements. Cet examen comprenait la prise de la température corporelle (température rectale normale : 38,0 à 39,0 °C), l'évaluation de l'état des muqueuses conjonctivales (anémique, colorée en blanc ou rose pâle ; congestionnée, colorée en rouge ; normale, colorée en rose), l'observation macroscopique des selles (pâteuses ou solides), ainsi que l'évaluation d'autres paramètres cliniques. Les tiques attachées aux oreilles et à d'autres parties du corps des animaux ont été recueillies manuellement, puis placées dans des tubes individuels identifiés (un tube par animal) contenant de l'éthanol à 70 % pour leur conservation.

Environ 3 à 5 millilitres de sang ont été prélevés dans la veine jugulaire de chaque animal et conservés dans des tubes contenant de l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique) (Figure 34). Chaque échantillon a été étiqueté avec le numéro de la boucle auriculaire de l'animal et la date du prélèvement, puis placé dans une glacière avec des blocs réfrigérants. Les échantillons ont ensuite été transportés dans une glacière isotherme au Laboratoire de Parasitologie de l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université de Tiaret, Algérie. À partir de chaque prélèvement, un étalement de sang a été effectué, suivi d'une coloration de MGG.

Lors de la collecte des échantillons, une fiche de prélèvement a été remplie, permettant de recueillir des informations telles que la race, le sexe, l'âge de l'animal, la commune où se situe la ferme et les unités territoriales correspondantes.



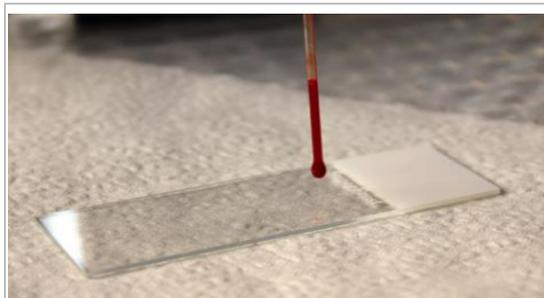
Figure 34. Prélèvement sanguin réalisé sur un bovin au niveau de la veine jugulaire.

4. Techniques du laboratoire

4.1. Réalisation des frottis sanguins

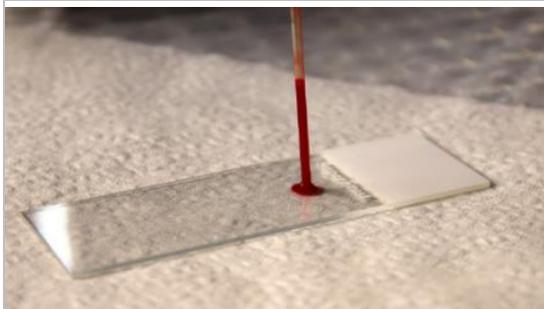
4.1.1. Préparation des frottis (<https://agric.wa.gov.au/n/4242>)

Pour effectuer un étalement sanguin précis et de qualité, nous avons suivi attentivement les étapes suivantes :



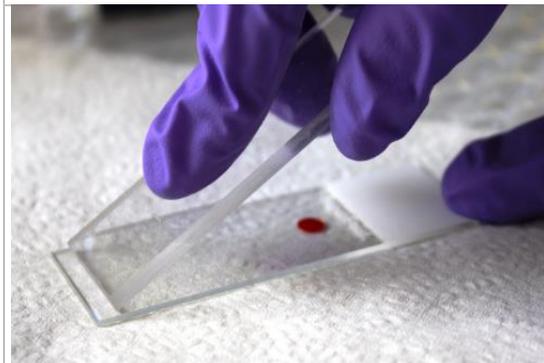
Étape 01 :

- Remplir un tube capillaire aux trois quarts avec du sang.
- Maintenir le tube capillaire verticalement au-dessus de la lame.
- Laisser une goutte de sang se former à l'extrémité du tube.



Étape 02 :

- Placer le tube sur la lame à environ 0,5 cm de la zone rugueuse.
- Laissez une goutte de sang d'environ 4 mm de diamètre sur la lame.



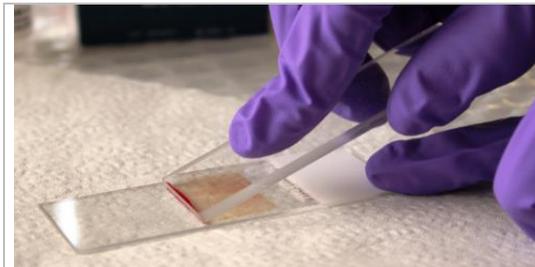
Étape 03 :

- Tenez la lame d'étalement à un angle de 30 à 40 degrés par rapport à l'extrémité de la lame (c'est-à-dire devant la goutte de sang).
- Assurez-vous que le bord court de la lame d'étalement entre en contact avec la lame inférieure.
- Fixez la lame inférieure pour l'empêcher de bouger.



Étape 04 :

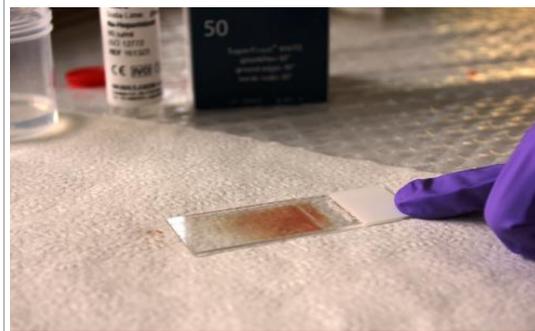
- D'un mouvement doux, tirez la lame d'étalement en arrière sur toute la goutte de sang.
- Permettez au sang de s'étaler uniformément le long du bord de la lame d'étalement.

**Etape 05 :**

- Glissez la lame d'étalement vers l'avant sur toute la longueur de la lame inférieure, en veillant à ce qu'elle reste bien parallèle.

**Etape 06 :**

- Maintenez un mouvement régulier, un angle constant et un contact continu.
- **Remarque :** le sang est traîné derrière la lame d'étalement, et non devant elle.

**Etape 07 :**

- Un frottis optimal couvre environ $\frac{3}{4}$ de la longueur de la lame et présente un bord en forme de plume.
- Laissez les frottis sécher à l'air et réalisez d'autres frottis si nécessaire.
- Emballez chaque frottis séparément dans des porte-objets.

4.1.2. Coloration des frottis sanguins (technique de May-Grünwald-Giemsa)

Le colorant May-Grünwald (MG) est une solution neutre composée d'éosine et de bleu de méthylène dissous dans de l'alcool méthylique, ce qui assure la fixation des éléments. Utilisé seul, ce colorant teinte les noyaux en bleu pâle, les cytoplasmes en bleu très clair ou les laisse incolores, tandis que les granulations secondaires des granulocytes apparaissent en rouge clair pour la lignée neutrophile, en bleu foncé pour la lignée basophile et en rouge orangé pour la lignée éosinophile. Les hématies, quant à elles, prennent une teinte beige rosé (Woronzoff-Dashkoff, 2002).

Le colorant Giemsa (G), quant à lui, est un mélange d'éosine et de dérivés du bleu de méthylène, tels que l'azur. Il colore les noyaux en violet, les cytoplasmes en bleu plus ou moins intense ou en rose selon le type de cellule, et les granulations primaires des granulocytes en rouge-pourpre vif, ces granulations étant qualifiées d'azurophiles (Woronzoff-Dashkoff, 2002).

Ces deux colorants, dont les résultats sont complémentaires, ont été combinés par Pappenheimer pour une coloration panoptique.

Pour réaliser la coloration, veuillez suivre attentivement les étapes décrites ci-dessous, conformément au protocole standardisé proposé par Piaton et al. (2016), afin d'assurer une qualité optimale de la coloration et une bonne lisibilité des frottis au microscope optique :

- Recouvrez le frottis du colorant May-Grünwald (MG) et laissez agir pendant 3 minutes.
- Lavez rapidement à l'eau tamponnée (pH = 7,2).
- Recouvrez ensuite d'une solution de Giemsa diluée au 1/10e dans de l'eau distillée tamponnée pendant 30 minutes.
- Lavez à l'eau courante du robinet et assurez-vous de bien nettoyer l'envers de la lame.
- Laissez sécher à l'air, loin de toute source de chaleur, sans souffler dessus.

4.2. Examen microscopique

Des frottis sanguins minces ont été préparés, colorés au May-Grünwald-Giemsa (MGG), puis examinés au microscope optique dans le but de détecter des piroplasmes appartenant aux genres *Babesia* spp. et *Theileria* spp., agents responsables des piroplasmoses bovines (Figure 35). De manière inattendue, des structures morphologiquement compatibles avec *Anaplasma* spp. ont également été mises en évidence dans plusieurs échantillons, bien que ce genre n'ait pas été initialement ciblé dans les objectifs de l'étude. L'observation des frottis sanguins a été effectuée à l'aide d'un microscope optique (Leica® DM500), équipé d'un objectif à immersion dans l'huile, offrant un grossissement total de 1000x.



Figure 35. Observation des frottis sanguins au microscope optique (grossissement 1000x).

La technique de lecture commence à l'emplacement marqué par une croix (X) sur le schéma ci-dessous. L'examen de la queue du frottis se fait de manière méthodique, champ par champ, en suivant le parcours indiqué. Il est également essentiel d'ajuster régulièrement la mise au point fine à chaque étape de l'examen pour garantir une observation précise (Figure 36).



Figure 36. Illustration de l'évolution de la lecture d'un frottis sanguin (Romdhane, 2019).

Au microscope optique, des analyses morphométriques permettent de déterminer des critères quantitatifs pour évaluer une bonne coloration (Harvey et al., 1984), mais en pratique, une analyse simple est généralement suffisante : les hématies doivent apparaître beige rosé, non réfringentes, tandis que les autres éléments doivent être colorés selon leurs constituants cellulaires. La zone intercellulaire doit rester transparente et claire (Figure 37).

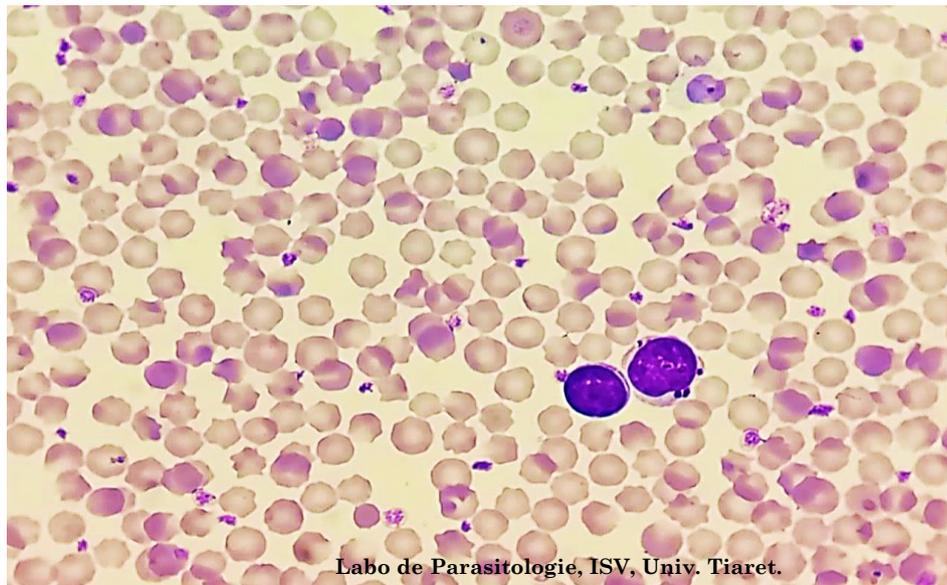


Figure 37. Étalement de sang d'une vache, prélevé sur tube EDTA, montrant différentes cellules sanguines (coloration Giemsa, observation au microscope optique avec immersion dans l'huile, grossissement x 1000).

4.3. Identification des piroplasmes

D'un point de vue pratique, il est essentiel d'établir un diagnostic différentiel entre les diverses formes érythrocytaires des piroplasmes, notamment *T. annulata* (Figure 38 : A, B et C), *B. bigemina* (Figure 39 : A), *B. bovis* (Figure 39 : B) et *A. marginale* (Figure 40). Lorsque les frottis sanguins sont réalisés avec précision, l'identification des différentes formes érythrocytaires devient aisée pour le personnel du laboratoire (Uilenberg, 2004).

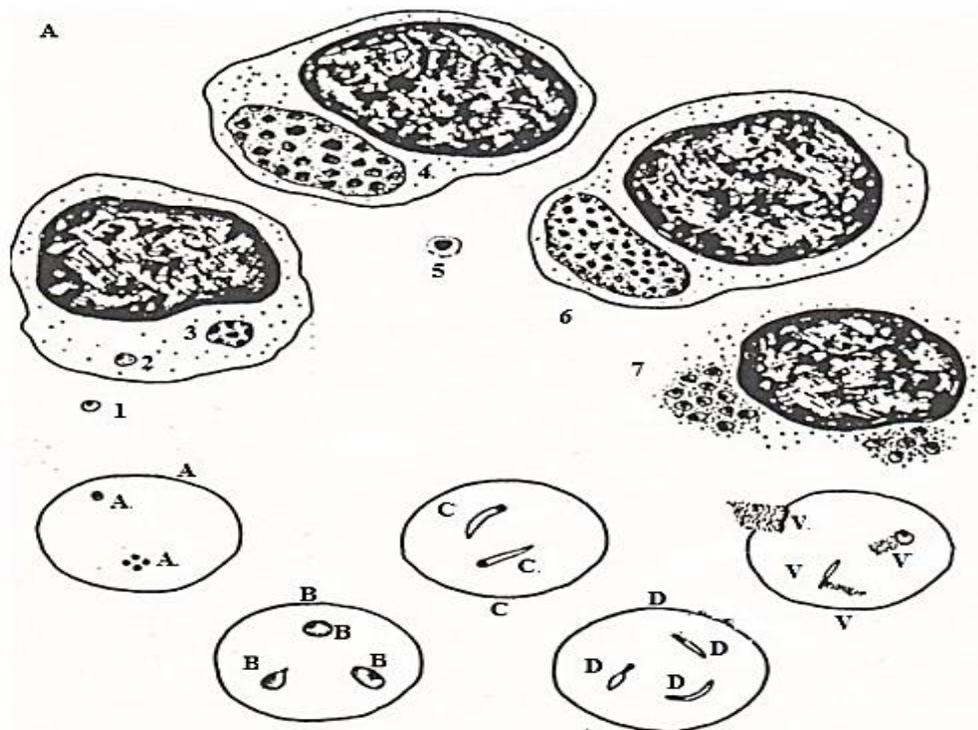


Figure 38. Différentes morphologies des formes leucocytaires et érythrocytaires des *Theileriidae* chez les bovins : dessin A (Morel, 1981). 1. Sporozoïte libre, 2. Trophozoïte dans un monocyte/lymphocyte, 3. Trophozoïte en division, 4. Macroschizonte à noyau moyen, 5. Macromérozoïte, 6. Microschizonte à petits noyaux, 7. Micromérozoïte ; A. Trophozoïte punctiforme, B. Trophozoïte ramassé, C. Trophozoïte allongé à chromatine globuleuse, D. Trophozoïte allongé à chromatine ovoïde, V. Trophozoïte avec voile (*Theileria buffeli*).

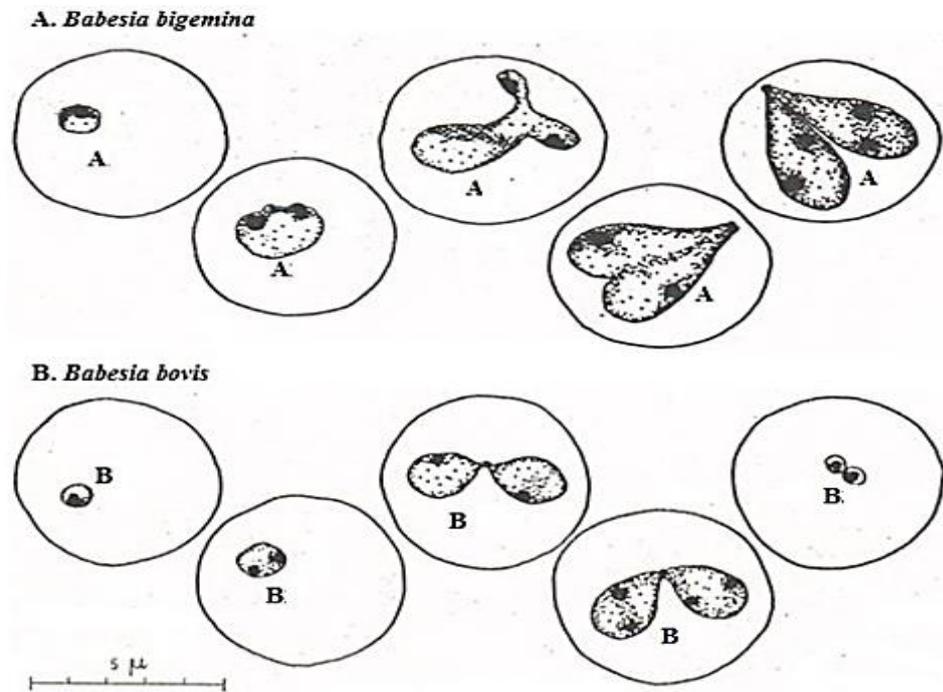


Figure 39. Représentation schématique de *B. bigemina* (A) et *B. bovis* (B) dans les érythrocytes (Morel, 1981).

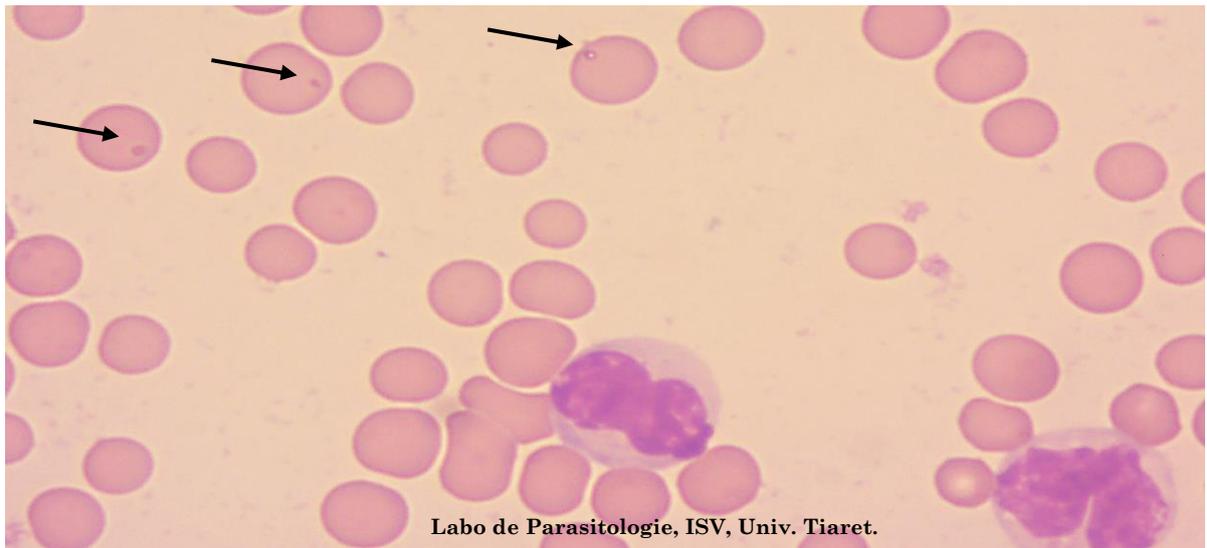


Figure 40. *A. marginale* (flèche noire) observé dans des frottis sanguins colorés au Giemsa d'une vache. Grossissement 1000×.

T. annulata se manifeste sous forme d'inclusions intra-érythrocytaires adoptant divers aspects morphologiques, tels que des formes annulaires, en virgule ou en tétrade. Les formes en tétrade, en virgule et en bâtonnet sont caractéristiques du genre *Theileria*. Toutefois, les tétrades, bien que rarement observées chez *T. annulata*, sont plus fréquentes chez *T. equi*. La forme tétrade résulte de deux mitoses successives, générant ainsi quatre cellules filles. Chaque parasite est constitué d'un cytoplasme teinté en rouge violacé clair et d'un noyau marginal de couleur rouge violacé foncé (Figure 22, Annexe 4). Il est important de distinguer *T. annulata* d'autres inclusions intra-érythrocytaires qui peuvent apparaître dans les frottis sanguins (Annexe 5) (Gharbi et al., 2012).

5. Paramètres parasitologiques

Pour calculer la prévalence de l'infection par les piroplasmes, nous avons suivi la méthode proposée par Bush et al. (1997). La prévalence a été déterminée à l'aide de la formule suivante :

Prévalence d'infection (%) = 100 x (Nombre de prélèvements sanguins positifs/ Nombre total de (1) prélèvements analysés).

6. Analyse statistique

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du **logiciel R Studio (version 2023.09.1 Build 494)**. La comparaison de la prévalence des quatre pathogènes (*B. bovis*, *B. bigemina*, *T. annulata* et *A. marginale*) a été effectuée à l'aide du test du Chi² de Pearson. En cas de différence significative, des comparaisons par paires ont été menées afin d'identifier les écarts spécifiques entre les pathogènes, avec une correction de Bonferroni pour ajuster les valeurs de p et limiter le risque d'erreur de type I.

Les fréquences des co-infections ont été analysées à l'aide d'un test d'adéquation du Chi², complété par l'examen des résidus standardisés pour identifier les associations significativement plus ou moins fréquentes que prévu. Une valeur de $p < 0,05$ a été considérée comme statistiquement significative.

C. RÉSULTATS

1. Prévalence des infections à piroplasmes (*Babesia* spp. et *Theileria* spp.)

L'examen microscopique de 148 frottis sanguins a révélé que 45 bovins (soit 30,41 % ; IC à 95 % : 23,00 – 37,82 %) étaient infectés par au moins un des hémopathogènes étudiés (*Babesia* spp. ou *Theileria* spp.). Bien que l'étude ait été initialement centrée sur les piroplasmes bovins, la détection de formes caractéristiques d'*Anaplasma* spp. au sein des échantillons examinés a permis de signaler, de manière non anticipée, la présence de ce pathogène. Parmi les 19 fermes visitées, 15 ont présenté des cas d'infections uniques et de co-infections, tandis que 4 fermes n'ont révélé aucune infection chez les bovins examinés.

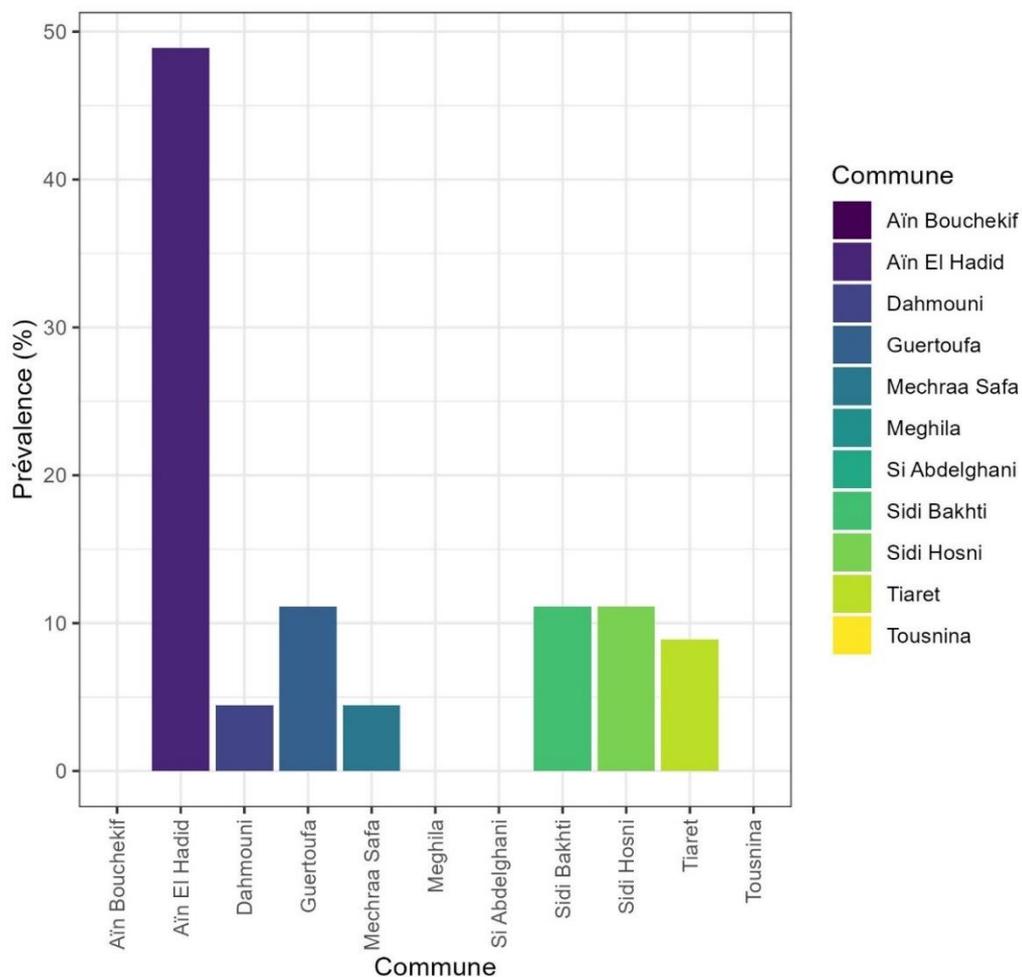


Figure 41. Distribution des infections hémoparasitaires chez les bovins selon les communes étudiées.

La prévalence la plus élevée a été observée dans la commune d'Aïn El Hadid, avec un taux de 48,89 % (22 cas positifs sur 58 prélèvements), indiquant une forte présence d'hétopathogènes dans cette région. À l'inverse, la prévalence la plus basse, soit 0 %, a été notée dans les communes d'Aïn Bouchekif, de Meghila, de Si Abdelghani et de Tousnina, où aucun cas positif n'a été détecté, ce qui pourrait suggérer une absence d'infection ou une très faible circulation des agents pathogènes dans ces zones (Figure 41, Tableau XV).

Tableau XV. Répartition des cas positifs d'infections hémoparasitaires selon les communes de la wilaya de Tiaret.

N°	Commune	Nombre de prélèvements sanguins	Nombre de cas positifs	Prevalence (%)
01	Aïn Bouchekif	17	0	0
02	Aïn El Hadid	58	22	48.89
03	Dahmouni	20	2	4.44
04	Guertoufa	10	5	11.11
05	Mechraa Safa	9	2	4.44
06	Meghila	1	0	0
07	Si Abdelghani	1	0	0
08	Sidi Bakhti	15	5	11.11
09	Sidi Hosni	5	5	11.11
10	Tiaret	5	4	8.89
11	Tousnina	7	0	0

2. Infections uniques et co-infections

Au total, le pathogène le plus fréquemment identifié était *A. marginale* (22,97 % des cas, $n = 34/148$), suivi de *B. bovis* (18,24 % ; $n = 27/148$), *T. annulata* (12,16 % ; $n = 18/148$) et *B. bigemina* (3,38 % ; $n = 5/148$). Ces prévalences ont été calculées par rapport au nombre total d'échantillons examinés ($n = 148$), et les différences observées entre les agents pathogènes étaient statistiquement significatives ($p < 0,05$).

Les fréquences des infections uniques et des co-infections ont été exprimées en pourcentages, en se référant exclusivement aux échantillons confirmés positifs. Un total de 15 cas d'infections uniques a été identifié, représentant 33,33 % des échantillons positifs (Figure 42). Parmi ceux-ci,

A. marginale a été l'agent pathogène le plus fréquemment détecté, avec 12 cas (26,7 %), suivi de *T. annulata* (2 cas, 4,4 %) et *B. bovis* (1 cas, 2,2 %).

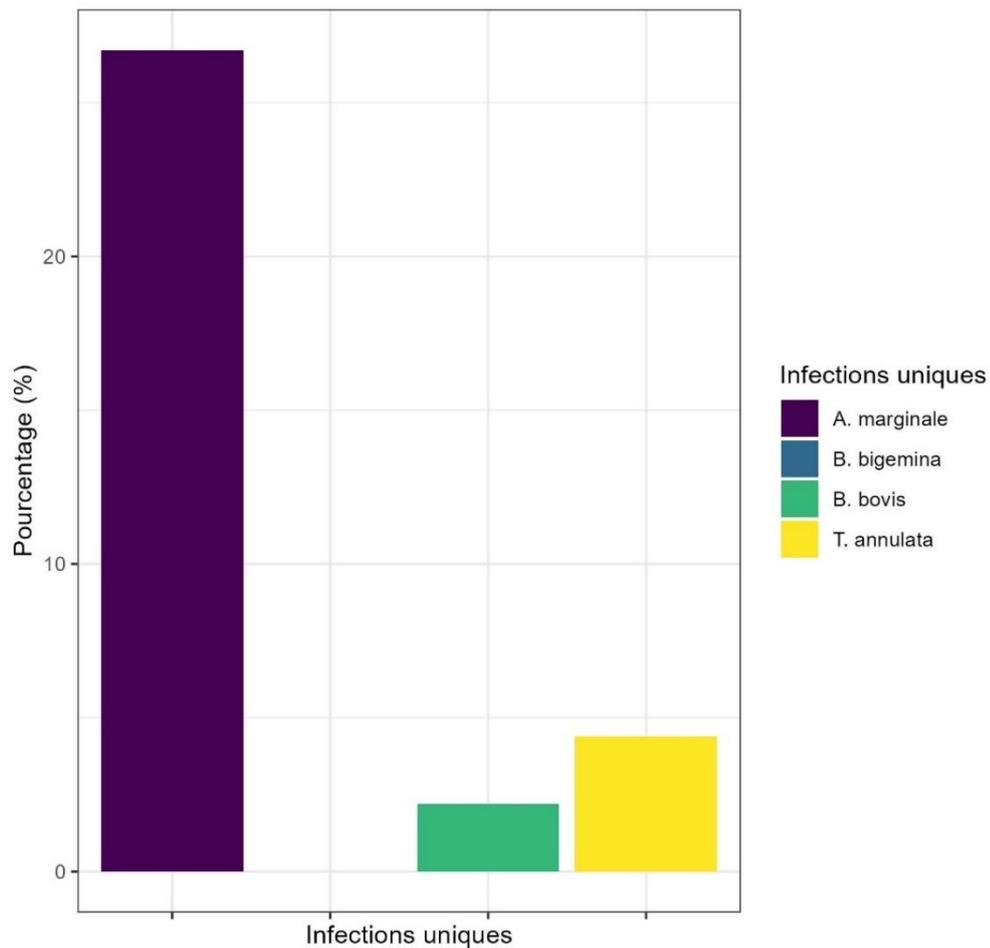


Figure 42. Histogrammes représentant la prévalence des infections hémoparasitaires uniques.

Au total, 30 cas de co-infections ont été enregistrés, représentant 66,67 % des échantillons testés. Six modèles de co-infections ont été identifiés (Figure 43) : *A. marginale* / *B. bovis* (10/45 ; 22,2 %) ; *A. marginale* / *B. bigemina* (3/45 ; 6,7 %) ; *B. bovis* / *T. annulata* (7/45 ; 15,6 %) ; *B. bigemina* / *T. annulata* (1/45 ; 2,2 %) ; *A. marginale* / *B. bovis* / *B. bigemina* (1/45 ; 2,2 %) ; et *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* (8/45 ; 17,8 %). Le **test du Chi²** a révélé une différence très significative entre les fréquences des co-infections ($p < 0,01$). Les **résidus standardisés** ont montré que la co-infection *A. marginale* / *B. bovis* était significativement plus fréquente (résidu = 2,24), tandis qu'aucune autre co-infection n'a présenté une fréquence différente de celle attendue (Tableau XVI).

Tableau XVI. Prévalence des co-infections bovines par les pathogènes des groupes *Theileria* spp., *Babesia* spp. et *Anaplasma* spp.

Co-infection	Cas positifs	Prévalence (%)	Résidu standardisé	<i>p</i> -Value
<i>A. marginale</i> , <i>B. bovis</i>	10	22,22	2,24	0.011
<i>A. marginale</i> , <i>B. bigemina</i>	3	6,67	-0.89	
<i>B. bovis</i> , <i>T. annulata</i>	7	15,56	-0.89	
<i>B. bigemina</i> , <i>T. annulata</i>	1	2,22	-1,79	
<i>A. marginale</i> , <i>B. bovis</i> , <i>B. bigemina</i>	1	2,22	-1,79	
<i>A. marginale</i> , <i>B. bovis</i> , <i>T. annulata</i>	8	17,78	1,34	
<i>Total</i>	30	66,67	-0.89	

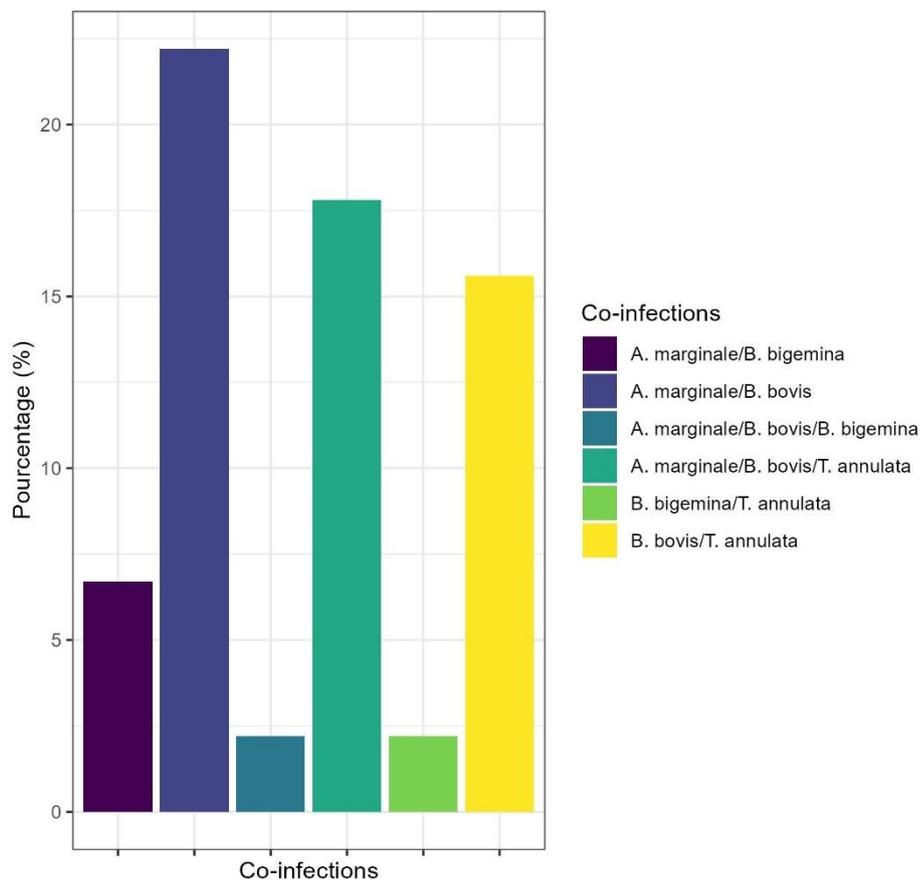


Figure 43. Histogrammes illustrant la prévalence des co-infections hémoparasitaires.

3. Évaluation des facteurs de risques

Le tableau XVII présente les facteurs de risque associés aux infections uniques et aux co-infections par *A. marginale*, *B. bovis*, *B. bigemina* et *T. annulata* chez les bovins de la wilaya de Tiaret. L'analyse des données met en évidence l'influence de plusieurs paramètres, notamment l'âge, le sexe, la race, la saison, sur la prévalence de ces hémoparasites.

3.1. Influence de l'âge

L'âge constitue un facteur déterminant dans la prévalence des hémoparasitoses bovines. Les bovins âgés de plus de trois ans (> 3 ans, $n = 28$) présentent les taux d'infection les plus élevés, notamment pour *A. marginale* (32,14 %, 9/28), ainsi que pour les co-infections *A. marginale* / *B. bovis* (32,14 %, 9/28), *B. bovis* / *T. annulata* (14,29 %, 4/28) et *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* (14,29 %, 4/28).

Chez les jeunes bovins (≤ 1 an, $n = 11$), la prévalence de *A. marginale* et de *T. annulata* est identique (18,18 %, 2/11 pour chaque espèce), tandis que la co-infection *B. bovis* / *T. annulata* s'avère plus fréquente dans cette tranche d'âge (27,27 %, 3/11).

En revanche, chez les animaux âgés de plus d'un an et jusqu'à trois ans (> 1 an et ≤ 3 ans, $n = 6$), les infections sont moins fréquentes : *A. marginale* (16,67 %, 1/6), *A. marginale* / *B. bovis* (16,67 %, 1/6) et *A. marginale* / *B. bigemina* (16,67 %, 1/6). À noter que la co-infection *A. marginale* / *B. bovis* / *B. bigemina* n'a été observée que dans cette dernière classe d'âge (16,67 %, 1/6).

3.2. Influence du sexe

Le sexe des bovins semble exercer une influence sur la prévalence des hémoparasites, avec une infection globalement plus marquée chez les femelles ($n = 39$) que chez les mâles ($n = 6$). La prévalence de *A. marginale* est significativement plus élevée chez les femelles (28,21 %, 11/39) que chez les mâles (16,67 %, 1/6). Par ailleurs, les co-infections *A. marginale* / *B. bovis* (25,64 %, 10/39) et *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* (20,51 %, 8/39) ont été exclusivement observées chez les femelles, suggérant une susceptibilité potentiellement accrue à ces formes associées.

Chez les mâles, *T. annulata* présente la prévalence la plus élevée (33,33 %, 2/6), et la co-infection *B. bigemina* / *T. annulata* est plus fréquemment détectée (16,67 %, 1/6) que chez les femelles, chez lesquelles elle est absente.

3.3. Influence de la race

La race des bovins semble jouer un rôle important dans la distribution des hémoparasitoses. Les animaux croisés ($n = 32$) présentent une prévalence élevée de *A. marginale* (37,5 %, 12/32), ainsi que de la co-infection *A. marginale* / *B. bovis* (18,75 %, 6/32). De plus, la co-infection triple *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* est plus fréquemment observée dans ce groupe (15,63 %, 5/32), indiquant une susceptibilité accrue aux infections multiples.

Chez les bovins importés ($n = 7$), certaines co-infections affichent également des taux relativement élevés, notamment *A. marginale* / *B. bovis* (42,86 %, 3/7). Des cas de co-infection *A. marginale* / *B. bigemina* (14,29 %, 1/7) et *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* (14,29 %, 1/7) ont également été enregistrés, suggérant une exposition accrue à plusieurs agents pathogènes.

En revanche, les bovins locaux ($n = 6$) semblent manifester une résistance relative aux infections hémoparasitaires. Aucune mono-infection par *A. marginale*, *B. bovis* ou *T. annulata* n'a été détectée dans ce groupe, ce qui pourrait indiquer une meilleure adaptation ou une exposition moindre à ces parasites.

3.4. Influence de la saison

La saison constitue un facteur déterminant dans la prévalence des infections hémoparasitaires chez les bovins. Une fréquence accrue des infections est observée durant la saison chaude ($n = 26$). Toutefois, la prévalence de *A. marginale* s'avère plus élevée en saison froide (36,84 %, 7/19) qu'en saison chaude (19,23 %, 5/26). De même, la co-infection *A. marginale* / *B. bovis* est plus fréquente en hiver (26,32 %, 5/19) qu'en été (19,23 %, 5/26).

En revanche, certaines associations parasitaires sont davantage observées durant la période estivale. La co-infection *B. bovis* / *T. annulata* est exclusivement détectée en saison chaude (26,92 %, 7/26), alors qu'aucun cas n'est signalé en hiver. De plus, la co-infection triple *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* est plus fréquente en été (23,08 %, 6/26) qu'en hiver (10,53 %, 2/19), ce qui suggère une influence saisonnière marquée sur la dynamique des co-infections.

Tableau XVII: Facteurs de risques associés aux infections uniques et aux co-infections détectées par examen microscopique dans différentes communes de la wilaya de Tiaret.

Facteurs de risques	Niveau	<i>A. marginale</i>	<i>B. bovis</i>	<i>T. annulata</i>	<i>A. marginale, B. bovis</i>	<i>A. marginale, B. bigemina</i>	<i>B. bovis, T. annulata</i>	<i>B. bigemina, T. annulata</i>	<i>A. marginale, B. bovis, B. bigemina</i>	<i>A. marginale, B. bovis, T. annulata</i>
Age	≤ 1 ans (n=11)	2/11 (18.18%)	1/11 (9.09%)	2/11 (18.18%)	0/11 (0.00%)	0/11 (0.00%)	3/11 (27.27%)	1/11 (9.09%)	0/11 (0.00%)	2/11 (18.18%)
	> 1 et ≤ 3 (n=6)	1/6 (16.67%)	0/6 (0.00%)	0/6 (0.00%)	1/6 (16.67%)	1/6 (16.67%)	0/6 (0.00%)	0/6 (0.00%)	1/6 (16.67%)	2/6 (33.33%)
	> 3 ans (n=28)	9/28 (32.14%)	0/28 (0.00%)	0/28 (0.00%)	9/28 (32.14%)	2/28 (7.14%)	4/28 (14.29%)	0/28 (0.00%)	0/28 (0.00%)	4/28 (14.29%)
Sex	Femelles (n=39)	11/39 (28.21%)	1/39 (2.56%)	2/39 (5.13%)	10/39 (25.64%)	3/39 (7.69%)	4/39 (10.26%)	0/39 (0.00%)	0/39 (0.00%)	8/39 (20.51%)
	Mâles (n=6)	1/6 (16.67%)	0/6 (0.00%)	2/6 (33.33%)	0/6 (0.00%)	0/6 (0.00%)	1/6 (16.67%)	1/6 (16.67%)	0/6 (0.00%)	1/6 (16.67%)
Race	Locale (n=6)	0/6 (0.00%)	0/6 (0.00%)	0/6 (0.00%)	1/6 (16.67%)	0/6 (0.00%)	3/6 (50.00%)	0/6 (0.00%)	0/6 (0.00%)	2/6 (33.33%)
	Croisés (n=32)	12/32 (37.50%)	1/32 (3.13%)	2/32 (6.25%)	6/32 (18.75%)	1/32 (3.13%)	3/32 (9.38%)	1/32 (3.13%)	1/32 (3.13%)	5/32 (15.63%)
	Importés (n=7)	1/7 (14.29%)	0/7 (0.00%)	0/7 (0.00%)	3/7 (42.86%)	1/7 (14.29%)	1/7 (14.29%)	0/7 (0.00%)	0/7 (0.00%)	1/7 (14.29%)
Saison	Chaude (n=26)	5/26 (19.23%)	0/26 (0.00%)	2/26 (7.69%)	5/26 (19.23%)	0/26 (0.00%)	7/26 (26.92%)	1/26 (3.85%)	0/26 (0.00%)	6/26 (23.08%)
	Froide (n=19)	7/19 (36.84%)	1/19 (5.26%)	0/19 (0.00%)	5/19 (26.32%)	3/19 (15.79%)	0/19 (0.00%)	0/19 (0.00%)	1/19 (5.26%)	2/19 (10.53%)

D. DISCUSSIONS

1. Prévalence globale de l'infection à piroplasmes (*Babesia* spp. et *Theileria* spp.)

Dans le cadre de cette étude, 148 échantillons de sang bovin ont été collectés aléatoirement afin de détecter la présence d'infections à piroplasmes (*Babesia* spp., *Theileria* spp.). Bien que l'infection par *Anaplasma* spp. n'ait pas constitué l'objectif principal de cette étude, sa fréquence élevée dans les échantillons a été observée, ce qui a conduit à son inclusion dans l'analyse. Cette observation souligne l'importance potentielle d'*Anaplasma* dans l'épidémiologie des infections hémoparasitaires chez les bovins dans la région de Tiaret.

L'examen microscopique a révélé une prévalence totale d'infection de 30,41 % (45/148 ; IC à 95 % : 23,00 – 37,82 %), incluant des infections uniques ainsi que des co-infections, ce qui met en évidence la complexité et la diversité des infections chez les bovins. Cette prévalence peut être expliquée par la capacité des bovins à porter les agents pathogènes (*Babesia* spp., *Theileria* spp., *Anaplasma* spp.) de manière asymptomatique pendant de longues périodes, contribuant ainsi à la stabilité endémique de ces infections. Toutefois, des facteurs de stress physiologique, tels que des conditions environnementales défavorables, peuvent affaiblir le système immunitaire des bovins, favorisant la réactivation des parasites et l'apparition de symptômes cliniques.

Les résultats de notre étude sont en accord avec ceux de Bouattour et al. (2004) en Tunisie, qui ont rapporté une prévalence de 28,3 %. De plus, la prévalence observée dans notre étude (30,41 %) est supérieure à celles rapportées dans certaines régions d'Algérie et d'Éthiopie. En effet, Benchikh Elfegoun et al. (2018) ont enregistré une prévalence de 11,6 % dans le nord de l'Algérie, tandis qu'Abdela et al. (2018) ont rapporté une prévalence de 11,7 % en Éthiopie. Cependant, nos résultats restent inférieurs à ceux obtenus dans d'autres études menées en Algérie et au Maroc, où des prévalences plus élevées ont été observées. Foughali et al. (2021) et Ziam et al. (2020) ont rapporté des prévalences respectives de 46,0 % et 57,19 % en Algérie, tandis qu'au Maroc, Elhachimi et al. (2021) ont observé une prévalence de 63,8 %, et Rahali et al. (2014) ont trouvé une prévalence de 66,3 %. Ces différences de prévalence peuvent être expliquées par plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques géographiques et climatiques des régions étudiées, la taille des échantillons, la présence des vecteurs, l'état de santé des animaux, ainsi que les méthodes diagnostiques utilisées (Aslam et al., 2023 ; Selim et al., 2019).

Dans cette étude, la commune d'Aïn El Hadid présente la prévalence la plus élevée (48,89 %), probablement en raison de conditions locales favorables, telles que la densité animale, la présence

de vecteurs comme les tiques et des pratiques agricoles spécifiques. Les tiques dures jouent un rôle crucial dans la transmission des piroplasmés (*Babesia* spp., *Theileria* spp.) et d'*Anaplasma* spp. En revanche, l'absence de cas dans les communes d'Aïn Bouchekif, Meghila, Si Abdelghani et Tousnina peut s'expliquer par des conditions environnementales moins propices à la circulation des agents pathogènes ou par des mesures de gestion efficaces de la santé animale. De plus, le nombre limité de prélèvements dans ces communes pourrait limiter la détection d'infections moins fréquentes. Les variations de prévalence observées peuvent être attribuées à plusieurs facteurs locaux, tels que les conditions environnementales, la gestion de la santé animale, la présence de vecteurs et les méthodes de prélèvement, comme l'ont souligné Aslam et al. (2023) et Selim et al. (2019). Ces différences mettent en évidence la complexité de la transmission des hémoparasites et soulignent la nécessité de mettre en place des stratégies de gestion ciblées, prenant en compte les spécificités géographiques et sanitaires de chaque région.

2. Infections uniques et co-infections

L'examen microscopique des frottis sanguins colorés au MGG a permis d'identifier à la fois des infections uniques et des co-infections chez les bovins, mettant en évidence la présence de divers hémoparasites, tels que *Babesia* spp., *Theileria* spp. et *Anaplasma* spp.. Par ailleurs, une différence hautement significative a été observée dans la prévalence de ces pathogènes ($p < 0,001$).

A. marginale est l'agent causal de l'anaplasmose bovine, une maladie à transmission vectorielle largement répandue à l'échelle mondiale et présentant une importance économique majeure pour l'industrie bovine, notamment en Asie, en Afrique, en Australie, en Europe du Sud ainsi qu'en Amérique centrale et du Sud (Jongejan et Uilenberg, 2004). Cette infection est transmise biologiquement par les tiques du genre *Rhipicephalus* spp. et mécaniquement par les mouches hématophages, les aiguilles contaminées par du sang et les équipements agricoles. Selon Sergent et al. (1940), l'anaplasmose bovine évolue généralement sous une forme subclinique accompagnée d'une anémie chronique.

Nos résultats révèlent une prévalence globale de *A. marginale* de 22,97 %, mettant en évidence l'importance de cette infection dans la région. Cette prévalence est comparable à celle observée au Maroc, où Aït Hammou et al. (2012) ont rapporté un taux de 21,9 % à l'aide d'un test d'amplification en chaîne par polymérase nichée (nPCR). Cependant, notre prévalence est inférieure à celles documentées dans d'autres régions, notamment au Maroc (45,7 %, Elhachimi et al., 2021), en Sicile (50 %, De la Fuente et al., 2005), au Brésil (70,2 %, Pohl et al., 2013) et au Texas (82 %, Hairgrove et al., 2015), mettant en évidence une variation géographique marquée de

l'infection. À l'inverse, notre prévalence est plus élevée que celles rapportées en Algérie par Foughali et al. (2021) (13 % par examen microscopique des frottis sanguins), en Turquie par Aktas et al. (2011) (2,8 %), ce qui suggère des différences notables dans la répartition régionale de cette infection. De plus, notre prévalence dépasse celle rapportée en Tunisie par M'ghirbi et al. (2016), qui ont trouvé un taux de 10,8 % par PCR utilisant des amorces spécifiques de msp4.

La prévalence élevée observée pourrait être liée à l'importante couverture forestière de cette région, qui constitue un habitat favorable à la faune sauvage, principal réservoir des agents pathogènes transmis par les tiques (Atif, 2016 ; Koh et al., 2018). Cette situation justifie des recherches approfondies pour évaluer son impact sur la production animale, car *A. marginale* est reconnu comme un agent pathogène majeur chez les bovins en Afrique du Nord, entraînant des symptômes cliniques sévères et des pertes économiques considérables (Sergent et al., 1945). Cependant, lors des prélèvements sanguins effectués dans le cadre de cette étude, les 34 bovins infectés par *A. marginale* ne présentaient aucun signe clinique, suggérant qu'ils pourraient être des porteurs asymptomatiques. En effet, Sergent et al. (1945) ont rapporté que les souches nord-africaines de *A. marginale* induisent une réponse immunitaire protectrice chez les animaux infectés expérimentalement.

En Tunisie, M'ghirbi et al. (2016) ont détecté *A. marginale* dans l'ensemble des zones bioclimatiques, avec une prévalence maximale en zone subhumide (46,6 %). Les variations observées dans la distribution de *A. marginale* entre les régions et les fermes pourraient être attribuées à la diversité des tiques Ixodidae infestant les bovins, ainsi qu'aux pratiques d'élevage influençant l'exposition aux infestations. Par ailleurs, M'ghirbi et al. (2010) et Bouattour et al. (1999) ont mis en évidence une corrélation entre la présence de *A. marginale* et *A. phagocytophilum* et leurs vecteurs, principalement *Hyalomma* spp., *Rhipicephalus* spp. et *Ixodes* spp.. Ces résultats soulignent l'influence des facteurs environnementaux et zootechniques sur l'épidémiologie de l'anaplasmose bovine, mettant en évidence le rôle clé des tiques dans la transmission de ces agents pathogènes.

Les infections à *Babesia* spp. affectent diverses espèces animales domestiques, telles que les ovins, les caprins, les équidés et les canidés, ainsi que l'être humain. Chez les bovins, elles engendrent des pertes économiques considérables (Fahrimal et al., 1992). Dans cette étude, la prévalence de *B. bovis* (18,24 %) est proche de celle rapportée par Sahibi et al. (1998) au Maroc (15,9 %), déterminée par des tests sérologiques et l'examen microscopique des frottis sanguins. En revanche, la prévalence de *B. bigemina* dans cette même étude était de 5,4 %, tandis que nos résultats indiquent un taux relativement similaire de 3,38 %, suggérant des différences modérées entre les

deux études. Par ailleurs, *B. bovis* a été détecté chez les bovins de l'est de l'Algérie, tandis que *B. bigemina* était absent dans une enquête moléculaire sur les protozoaires et les bactéries transmises par les tiques (Sadeddine et al., 2020). Cette faible prévalence de *B. bigemina* pourrait être attribuée à plusieurs facteurs, dont une circulation restreinte du parasite dans la région étudiée, mais aussi à la possibilité d'une babésiémie subclinique ou subpatente (présence de mérozoïtes) dans le sang périphérique, comme l'ont suggéré Troncy et al. (1981). En outre, Dalglish et al. (1981) ont souligné que *B. bovis* est une espèce particulièrement pathogène, même pour les tiques vectrices. En Thaïlande, Srionrod et al. (2022), basés sur la PCR, ont détecté *B. bovis* et *B. bigemina* chez les bovins, avec des taux d'infection de 2,58 % (4/155) et 5,80 % (9/155), respectivement. En Éthiopie, Namomsa et al. (2023) ont rapporté une prévalence de 5,2 % de la babésiose bovine, déterminée par l'examen microscopique de frottis sanguins colorés au MGG, avec 3,91 % d'infections par *B. bovis* et 1,30 % par *B. bigemina*. La variation de la prévalence de la babésiose bovine pourrait résulter de plusieurs facteurs, notamment les pratiques d'élevage, l'utilisation d'antiparasitaires pour le contrôle des vecteurs, les dynamiques de transmission du parasite chez les hôtes au fil du temps, la sensibilité des tests diagnostiques, la répartition géographique des vecteurs ainsi que les interactions entre la faune sauvage, le bétail et les écosystèmes forestiers favorisant la présence des tiques vectrices de *Babesia* (Homer et al., 2000). Rahali et al. (2014) expliquent également que cette disparité des résultats pourrait être partiellement attribuée à la taille des échantillons et aux tests utilisés. De plus, *R. (Boophilus) annulatus*, vecteur naturel de ce protozoaire et tique hygrophile adaptée aux climats humides, modifie continuellement son aire de répartition en suivant les réseaux d'irrigation, y compris dans les régions à climat aride. Par ailleurs, une autre espèce, *R. bursa*, est également suspectée de transmettre cet hémoparasite aux bovins.

T. annulata, agent causal de la théilériose tropicale, représente la principale maladie à transmission vectorielle ayant un impact économique majeur en Afrique du Nord, entraînant une morbidité et une mortalité élevées chez les bovins (Gharbi et al., 2020). Les deux principales espèces de tiques vectrices, *H. scupense* et *H. anatolicum*, présentent des modes de transmission distincts qui influencent l'épidémiologie de la maladie (Gharbi et al., 2020). En Algérie, *H. scupense* est considéré comme le principal vecteur de *T. annulata* (Elfegoun et al., 2013). En Tunisie et au Maroc, cette espèce est le piroplasma le plus fréquemment détecté chez les bovins (Darghouth, 2004 ; El Haj et al., 2002). En Algérie, la théilériose tropicale sévit de manière enzootique dans les régions humides, subhumides et semi-arides, où les conditions climatiques favorisent la prolifération des tiques vectrices (Sergent et al., 1945 ; Ziam et Benaouf, 2004). *H. scupense* est

particulièrement abondant dans les zones semi-arides, notamment à Tiaret (28 % ; Boulkaboul, 2003).

Dans cette étude, la prévalence de *T. annulata* (12,16 %) est comparable à celle rapportée au Portugal par Valente et al. (2023), qui ont détecté une prévalence de 10,8 % par PCR. En Algérie, dans la wilaya de Sétif (Nord-Est), où le climat semi-aride favorise l'abondance des tiques vectrices *H. scupense*, une étude longitudinale a été réalisée. Les résultats ont révélé une prévalence d'infection des bovins par *T. annulata* de 16,4 % avec la technique de coloration de Giemsa et de 50 % par PCR (Ayadi et al., 2017). Ziam et al. (2015) ont, quant à eux, estimé une prévalence moléculaire de 36,8 % chez des bovins en bonne santé sélectionnés aléatoirement. En Tunisie, la prévalence de l'infection par *T. annulata* a atteint 15,5 % dans le gouvernorat de Bizerte Selon l'examen microscopique par la méthode de coloration de Giemsa (Boussaadoun et al., 2015) et 61 % dans le gouvernorat d'Ariana (région de Hessiene) par PCR (Sallemi et al., 2017). Au Maroc, Elhachimi et al. (2021) ont mis en évidence une prévalence de 26,6 % par PCR. Ces variations de prévalence peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment la période d'échantillonnage (les prélèvements ayant été réalisés pendant ou après la saison des tiques) et la méthode de détection employée. En effet, la PCR, grâce à sa sensibilité accrue, permet de détecter des infections même à faible parasitémie, tandis que la coloration de Giemsa est principalement utilisée pour diagnostiquer les cas cliniques de théilériose tropicale. Cette tendance a été observée dans toutes les études comparant ces deux techniques, soulignant l'importance des méthodes moléculaires pour une surveillance plus précise de la maladie et l'identification des animaux porteurs (Darghouth et al., 2004 ; Gharbi et al., 2012). Darghouth et al. (1996) ont observé qu'aux premiers stades de l'infection, le nombre de globules rouges infectés est élevé, facilitant ainsi leur détection par coloration de Giemsa. Toutefois, une fois la réponse immunitaire activée, ce nombre diminue considérablement. De plus, pendant la saison des tiques, le système immunitaire des bovins est stimulé par de nouvelles infections, ce qui favorise un meilleur contrôle du parasite et entraîne une réduction de la sensibilité de la détection microscopique.

Dans cette étude, des infections uniques ont été observées dans 33,3 % des échantillons testés, principalement causées par *A. marginale* (26,7 %), suivie de *B. bovis* (2,2 %) et *T. annulata* (4,4 %). En revanche, les co-infections étaient plus fréquentes, représentant 66,67 % des cas. Les associations les plus courantes incluaient *A. marginale* / *B. bovis* (22,2 %), *B. bovis* / *T. annulata* (15,6 %) et *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* (17,8 %), mettant en évidence la complexité des interactions entre ces hémopathogènes chez les bovins. Une analyse statistique a révélé une différence significative entre les fréquences des co-infections ($p < 0,01$). Les résidus standardisés

montrent que la co-infection *A. marginale* / *B. bovis* est significativement plus fréquente (résidu = 2,24), tandis que les autres co-infections ne diffèrent pas des fréquences attendues.

Dans le nord-est de l'Algérie, plusieurs études ont rapporté une prévalence élevée des hémoparasites bovins. À Annaba et El Tarf, les taux d'infection chez les animaux malades étaient respectivement de 53,7 % pour *T. annulata*, 7,4 % pour *A. marginale* et 5,6 % pour *B. bovis* (Ziam et Benaouf, 2004). Dans la région de Boutheldja (wilaya d'El Tarf), *B. bovis*, *T. annulata* et *A. marginale* ont été détectés respectivement chez 33,3 %, 47,6 % et 40,5 % des bovins examinés (Dib et al., 2008). Par ailleurs, Ziam et al. (2016), dans les wilayas d'Annaba et d'El Tarf, ont rapporté des prévalences respectives de 74,6 % pour *T. annulata*, 13,8 % pour le complexe *T. buffeli*, 4,3 % pour *B. bovis* et 15,2 % pour *A. marginale*. Dans la wilaya de Constantine, Foughali et al. (2021) ont observé, parmi 169 bovins examinés à Beni Hamidene, des taux d'infection respectifs de 38 % pour *T. annulata* (65/169), 13 % pour *A. marginale* (22/169) et 3 % pour *B. bovis* (5/169). Deux profils de co-infections ont été identifiés : *T. annulata* / *A. marginale* (7,69 %) et *T. annulata* / *B. bovis* (1,18 %). Dans les wilayas de Constantine et de Mila, Foughali et al. (2023) ont rapporté, à partir de l'examen microscopique des frottis sanguins colorés au Giemsa, une prévalence de 66,7 % (44/66) pour *T. annulata*, 10,6 % (7/66) pour *Babesia* spp. et 9,1 % (6/66) pour *A. marginale*. L'analyse par PCR a également permis de caractériser sept profils de co-infections, le plus fréquent étant *T. annulata* / *B. bovis* (31,8 % ; 21/66), tandis que le moins fréquent impliquait *T. annulata* / *A. marginale* / *B. bigemina* / *B. bovis* (1,5 % ; 1/66). Dans la région centrale de l'Algérie, les taux d'infection observés étaient de 36,9 % pour *T. annulata*, 3,4 % pour *B. bovis* et 4,1 % pour *A. marginale* (Ziam et al., 2017). De plus, 11 animaux ont présenté une co-infection par *T. annulata* et *A. marginale*. Ziam et al. (2020), lors d'une étude réalisée dans les plaines de Djurdjura (nord de l'Algérie), ont rapporté que sur un total de 171 bovins, 299 prélèvements sanguins ont été positifs pour au moins un pathogène lors de l'examen microscopique des frottis colorés au Giemsa. Les infections identifiées comprenaient *T. annulata* (136/299, 45,5 %), *B. bovis* (14/299, 4,7 %), *B. bigemina* (3/299, 1,0 %) et *A. marginale* (12/299, 4,0 %). Par ailleurs, six bovins ont présenté une co-infection par *T. annulata* et *A. marginale*.

Au Maroc, Rahali et al. (2014) ont rapporté, à l'aide de la technique d'ELISA, une séroprévalence de 35,4 % pour *T. annulata*, 20,5 % pour *A. marginale*, 13,6 % pour *B. bigemina* et 12,0 % pour *B. bovis*. Par ailleurs, 14,9 % des échantillons sériques ont révélé des infections mixtes impliquant deux ou trois hémoparasites. Dans une autre étude, Elhachimi et al. (2021) ont détecté par PCR conventionnelle 29,3 % d'échantillons positifs pour *Theileria* / *Babesia* spp. et 51,2 % pour *Anaplasma* / *Ehrlichia* spp., tandis qu'aucun cas de *Rickettsia* spp. n'a été identifié. En Égypte,

Abdel-Shafy et al. (2022) ont observé trois profils de co-infections chez les bovins étudiés : *T. annulata* / *B. bigemina* (2/112 ; 1,78 %), *A. marginale* / *B. bigemina* (3/112 ; 2,68 %) et *T. annulata* / *A. marginale* / *B. bigemina* (2/112 ; 1,78 %). En Inde, Kumar et al. (2016) ont rapporté que parmi les bovins atteints de maladies transmises par les tiques, 54,0 % (47/87) étaient infectés par *B. bigemina*, 3,4 % (3/87) par *T. annulata* et 1,1 % (1/87) par *A. marginale*.

Les co-infections impliquant *Babesia* spp., *Theileria* spp. et *Anaplasma* spp. sont courantes chez les bovins en raison de leur transmission par des tiques vectrices communes, telles que *R. (Boophilus) annulatus* et *Hyalomma* spp. Ces infections multiples sont favorisées par divers facteurs, tels que les conditions environnementales (climat, végétation, humidité), les pratiques d'élevage (pâturage extensif, gestion des tiques) et une exposition répétée aux tiques, qui influencent la dynamique des maladies vectorielles. De plus, ces infections simultanées peuvent moduler la réponse immunitaire de l'hôte, affectant ainsi la persistance et la sévérité des maladies. M'ghirbi et al. (2010) rapportent que les co-infections par ces hémopathogènes sont fréquentes dans les régions d'enzootie. Par exemple, des co-infections entre *Babesia* spp., *T. annulata* et *A. marginale* ont été observées, mettant en évidence des interactions complexes entre ces agents pathogènes. Selon Ziam et al. (2016), la coexistence de ces infections, notamment l'association de *T. annulata* avec *A. marginale*, peut influencer l'évolution clinique de la theilériose, en aggravant les symptômes ou en modifiant leur expression. Les infections mixtes restent néanmoins fréquentes. Georges et al. (2001) soulignent que les animaux infectés par *Theileria* spp. sont souvent co-infectés par *Babesia* spp. et/ou *Anaplasma* spp., ce qui illustre la complexité des interactions entre ces hémopathogènes et leur impact potentiel sur la santé des bovins.

3. Facteurs de risques

3.1. Âge

L'analyse des données révèle une variation de la prévalence des infections en fonction de l'âge des animaux. Les bovins âgés de plus de 3 ans présentent des taux d'infection plus élevés ($n = 28$), notamment pour *A. marginale* (32,14 % ; 9/28) ainsi que pour la co-infection *A. marginale* / *B. bovis* (32,14 % ; 9/28). Cette prévalence accrue pourrait s'expliquer par une exposition prolongée aux tiques au fil du temps, favorisant l'établissement d'infections chroniques. En revanche, les jeunes bovins (≤ 1 an) sont moins fréquemment infectés, probablement en raison d'une moindre exposition aux vecteurs et de la protection immunitaire passive conférée par le colostrum maternel.

Des observations similaires ont été rapportées au Maroc par Rahali et al. (2014), qui ont constaté une susceptibilité réduite aux hémoparasites chez les bovins de moins d'un an. Cette résistance relative pourrait être liée à la présence transitoire d'anticorps maternels ou à une faible pression vectorielle à cet âge. En effet, l'immunité passive conférée par les anticorps colostraux décroît progressivement après les premiers mois de vie (Woodford et al., 1990). Par ailleurs, les bovins plus âgés sont généralement soumis à une exposition répétée aux tiques au fil des saisons, augmentant ainsi leur risque d'infection. Une corrélation similaire entre l'âge et la prévalence des infections a été décrite par El Haj et al. (2002), qui ont mis en évidence une augmentation significative du taux d'animaux infectés avec l'âge.

3.2. Sexe

Les femelles présentent une prévalence plus élevée d'infections hémoparasitaires comparativement aux mâles, avec des taux d'infection par *A. marginale* atteignant 28,2 % et des co-infections *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* enregistrées à 20,5 % (8/39). En revanche, les mâles sont davantage affectés par *T. annulata* (33,3 % ; 2/6). Cette différence pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment des variations physiologiques et hormonales influençant la réponse immunitaire, telles qu'un stress hormonal accru lié à la mise bas et à la production laitière (Tuli et al., 2015), ainsi que par des pratiques d'élevage spécifiques. En effet, les femelles, étant généralement conservées plus longtemps dans les fermes pour la reproduction et la production laitière, sont davantage exposées aux tiques et aux agents pathogènes qu'elles véhiculent.

Ces observations sont en accord avec les travaux de Kamani et al. (2010), Parveen et al. (2021) et Ziam et al. (2020), qui rapportent une prévalence plus élevée chez les femelles. Cette tendance s'explique par leur maintien prolongé dans les élevages pour la reproduction et la production laitière. De plus, elles peuvent ne pas recevoir une alimentation suffisante pour répondre à leurs besoins nutritionnels élevés liés à leur fonction productive.

El Haj et al. (2002) ont rapporté une proportion plus élevée de séropositivité pour *B. bigemina* chez les femelles. De même, Flach et al. (1995) ont observé que les bovins mâles étaient moins fréquemment infectés par *T. annulata* que les femelles. Ces observations suggèrent un rôle potentiel du sexe dans la susceptibilité aux infections hémoparasitaires. Toutefois, nos résultats nécessitent des investigations complémentaires afin d'explorer plus en détail l'influence du sexe, en tenant compte d'autres facteurs tels que l'exposition aux vecteurs, les pratiques de gestion et les interactions entre les agents pathogènes.

3.3. Race

Les bovins croisés présentent les taux d'infection les plus élevés, notamment pour *A. marginale* (37,50 % ; 12/32) et les co-infections multiples. À l'inverse, les races locales semblent moins touchées par certaines infections, bien que la co-infection *B. bovis* / *T. annulata* atteigne 50 % (3/6). Ces résultats suggèrent une possible résistance des races locales aux infections vectorielles, tandis que les bovins croisés et importés, moins adaptés aux conditions locales, apparaissent plus vulnérables aux infestations parasitaires.

Selon El Haj et al. (2002), la race bovine influence de manière modérément significative la susceptibilité aux infections hémoparasitaires, les bovins importés étant généralement plus sensibles que les races locales. Ces dernières présentent une certaine résistance à *T. annulata* et peuvent rester porteuses asymptomatiques jusqu'à l'âge de 11 ans (Sergent et al., 1945). En revanche, les races exotiques sont particulièrement vulnérables à cette infection, laquelle peut entraîner des pertes économiques considérables en élevage (Aït Hamou et al., 2012).

3.4. Saison

Une augmentation des taux d'infection est observée durant la saison chaude ($n = 26$), avec une prévalence plus élevée des co-infections *B. bovis* / *T. annulata* (26,9 %) et *A. marginale* / *B. bovis* / *T. annulata* (23,1 %). Cette tendance coïncide avec une activité accrue des tiques en période chaude, favorisant la transmission des hémoparasites. En revanche, en saison froide, *A. marginale* demeure l'agent pathogène prédominant (36,8 %), ce qui suggère sa capacité à persister malgré la réduction de l'activité des tiques. Cette persistance pourrait être expliquée par une transmission mécanique via des insectes hématophages ou des pratiques d'élevage contribuant à la propagation de l'agent infectieux.

Selon Ziam et al. (2016), la saison chaude exerce un stress important sur les animaux, les rendant plus sensibles aux infections. Sergent et al. (1924) ont démontré que la saisonnalité des piroplasmoses est étroitement liée à l'activité des tiques. En Égypte, Ghoneim et El-Fayomy (2014) ont rapporté une prévalence plus élevée des infections pendant les mois chauds que durant les mois froids. Cette différence est probablement due aux variations de l'environnement, de la localisation, de la taille de l'échantillon et de la susceptibilité des animaux. Nos résultats confirment l'influence des facteurs climatiques sur la dynamique des infections hémoparasitaires chez les bovins et soulignent l'importance de mesures de prévention ciblées en fonction des saisons.

Conclusion

CONCLUSION

Cette étude met en évidence la diversité des tiques Ixodidae infestant les bovins dans la wilaya de Tiaret, ainsi que les hémopathogènes qu'elles transmettent. Nos résultats soulignent l'importance de l'identification morphologique de la faune ixodienne, de la distribution saisonnière et des sites de fixation préférentiels des tiques. Par ailleurs, l'examen microscopique des frottis sanguins a permis d'estimer la prévalence des infections à piroplasmes (*Babesia* spp., *Theileria* spp.), tout en mettant en évidence les principaux facteurs de risque associés, tels que l'âge, le sexe, la race et la saison.

Nos travaux ont permis d'identifier neuf espèces de tiques Ixodidae appartenant aux genres *Hyalomma*, *Rhipicephalus* et *Dermacentor*, parmi 1752 spécimens collectés sur des bovins. Plusieurs de ces espèces sont des vecteurs majeurs d'agents pathogènes affectant l'homme et les animaux. *H. excavatum* était l'espèce prédominante (43,78 %), présente dans toutes les communes étudiées. La répartition des tiques ixodidae varie significativement selon les communes, avec une concentration marquée de *H. excavatum*, *H. marginatum* et *H. lusitanicum* à Sidi Bakhti. Ces variations spatiales soulignent l'influence des conditions locales sur l'écologie des tiques et la nécessité d'une surveillance ciblée. L'agrégation des tiques Ixodidae varie selon les saisons, avec une forte hétérogénéité entre les espèces et des niveaux maximaux en été et en automne pour *H. excavatum* et *H. lusitanicum*. L'abondance des tiques atteint son pic en été et diminue en automne, avec des variations hautement saisonnières significatives pour *H. excavatum*, *H. marginatum*, *H. lusitanicum* et *R. bursa* ($p < 0,001$). Les tiques Ixodidae présentent une préférence marquée pour les parties déclives du corps des bovins, avec une concentration majoritaire dans la zone ventrale (zone 5).

L'examen microscopique des frottis sanguins colorée au MGG a révélé la présence de quatre espèces d'hémopathogènes, avec une prédominance de *A. marginale* (22,97 %), suivi de *B. bovis* (18,24 %), *T. annulata* (12,16 %) et *B. bigemina* (3,38 %). Trois types d'infections uniques ont été recensés, dominés par *A. marginale* (26,7 %), ainsi que sept formes de co-infections, principalement *A. marginale* / *B. bovis* (22,2 %). Cette diversité pathogène reflète la complexité épidémiologique des infections hémoparasitaires bovines. Bien que *Anaplasma* spp. n'ait pas été spécifiquement ciblé dans cette étude, il convient de souligner que sa prévalence élevée dans les bovins, en particulier *A. marginale*, mérite une attention particulière. Plusieurs facteurs de risque influencent la prévalence des infections hémoparasitaires, notamment l'âge des bovins (plus de 3 ans), le sexe, avec une susceptibilité plus élevée chez les femelles, ainsi que la race, les animaux

importés et croisés étant plus vulnérables. Par ailleurs, la saison chaude favorise la transmission des hémoparasites, soulignant l'importance de stratégies de lutte antiparasitaire ciblées pour limiter leur propagation.

Enfin, nous recommandons la mise en place de programmes de contrôle intégrés combinant la lutte contre les tiques et la prévention des infections hémoparasitaires, en particulier durant la saison estivale, où l'abondance des tiques et la transmission des hémoparasites atteignent des niveaux maximaux. Ces programmes devraient inclure des mesures prophylactiques adaptées, des traitements antiparasitaires spécifiques en été, et une sensibilisation accrue des éleveurs aux risques accrus durant cette période. De plus, une surveillance régulière des populations de tiques, ainsi que des études approfondies sur la résistance des tiques aux acaricides, sont indispensables pour limiter l'impact de ces infections sur la santé et la productivité des bovins, notamment en période chaude.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdela, N., Ibrahim, N., & Begna, F. (2018). Prevalence, risk factors and vectors identification of bovine anaplasmosis and babesiosis in and around Jimma town, Southwestern Ethiopia. *Acta tropica*, 177, 9-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.09.010>
- Abdel-Shafy, S., Abdullah, H. H., Elbayoumy, M. K., Elsawy, B. S., Hassan, M. R., Mahmoud, M. S., ... & Abdel-Rahman, E. H. (2022). Molecular epidemiological investigation of Piroplasms and Anaplasmataceae bacteria in Egyptian domestic animals and associated ticks. *Pathogens*, 11(10), 1194.
- Achir, M., & Hellal, B. (2016). Réflexions sur les variations pluviométriques de la région de Tiaret (Algérie occidentale) durant la période 1984-2015. *European Scientific Journal*, 11: 498-508.
- Aït Hamou, S., Rahali, T., Sahibi, H., Belghyti, D., Losson, B., Goff, W., & Rhalem, A. (2012). Molecular and serological prevalence of *Anaplasma marginale* in cattle of North Central Morocco. *Research in veterinary science*, 93(3), 1318–1323. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.02.016>
- Aktas, M., Altay, K., & Dumanli, N. (2011). Molecular detection and identification of *Anaplasma* and *Ehrlichia* species in cattle from Turkey. *Ticks and tick-borne diseases*, 2(1), 62–65. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2010.11.002>
- Almazán, C., Scimeca, R. C., Reichard, M. V., & Mosqueda, J. (2022). Babesiosis and theileriosis in North America. *Pathogens*, 11(2), 168.
- Alvarez, J. A., Rojas, C., & Figueroa, J. V. (2019). Diagnostic tools for the identification of *Babesia* sp. in persistently infected cattle. *Pathogens*, 8(3), 143.
- Anofel, & Botterel, Françoise & Dardé, Marie Laure & Debourgonne, Anne & Delhaes, Laurence & Houzé, S. & Morio, Florent & Kauffmann-Lacroix, C. & Roques, C. (2017). Chapitre 42 : Tiques, p 367-70. *Parasitologie et mycologie médicale : guide des analyses et pratiques diagnostiques*. Edition Elsevier Masson, Issy-les-Moulineaux. <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-75363-3.00042-2>
- 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, pp 59-73.
- Aslam, F., Saleem, G., Ashraf, K., Hafeez, M. A., & Saqib, M. (2023). Identification and Molecular Characterization of *Theileria annulata* with Associated Risk Factors in Naturally Infected Camels from Selected Districts in Punjab, Pakistan. *Pakistan Veterinary Journal*, 43(1).

- Asmaa, N. M., ElBably, M. A., & Shokier, K. A. (2014). Studies on prevalence, risk indicators and control options for tick infestation in ruminants. *Beni-suef university journal of basic and applied sciences*, 3(1), 68-73. <https://doi.org/10.1016/j.bjb.as.2014.02.009>
- Atif F. A. (2016). Alpha proteobacteria of genus *Anaplasma* (Rickettsiales: Anaplasmataceae): Epidemiology and characteristics of *Anaplasma* species related to veterinary and public health importance. *Parasitology*, 143(6), 659–685. <https://doi.org/10.1017/S0031182016000238>
- Aubry, P., & Geale, D. W. (2011). A review of bovine anaplasmosis. *Transboundary and emerging diseases*, 58(1), 1–30. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01173.x>
- Ayadi, O., Rjeibi, M. R., Elfegoun, M. C. B., & Gharbi, M. (2017). Prévalence et facteurs de risque de la theilériose tropicale, et séquençage de l'agent pathogène causal *Theileria annulata*, dans la région de Sétif (Algérie), avant et après la période d'infestation par les tiques. *Revue d'élevage et de Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 69(4), 161–166. <https://doi.org/10.19182/remvt.31201>
- Ayard, L. (2020). Étude des connaissances, attitudes et pratiques des éleveurs de bovins en Polynésie Française sur la gestion de la babésiose et l'anaplasmose. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 87 p.
- Bakheit, M. A., & Latif, A. A. (2002). The innate resistance of Kenana cattle to tropical theileriosis (*Theileria annulata* infection) in the Sudan. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 969(1), 159-163.
- Bakheit, M. A., Latif, A. A., Vatansever, Z., Seitzer, U., & Ahmed, J. (2012). The huge risks due to *Hyalomma* ticks. *Arthropods as vectors of emerging diseases*, 167-194. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28842-5_8.
- Balcomb, C., & Foster, D. (2014). Update on the use of blood and blood products in ruminants. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 30(2), 455-474.
- Bedouhene, A., Kelanemer, R., Medrouh, B., Kernif, T., Saidi, F., Tail, G., & Ziam, H. (2022). Seasonal Dynamics and Predilection Sites of Ticks (Acari: Ixodidae) Feeding on Cows in the Western Parts of the Djurdjura, Algeria. *Frontiers in Tropical Diseases*, 3, 856179. <https://doi.org/10.3389/fitd.2022.856179>
- Belete, W., & Mekuria, S. (2023). Prevalence, Species Identification, and Associated Risk Factor Ixodid Tick Infestation of Cattle in Selamago District Southern Ethiopia. *Environmental health insights*, 17, 11786302231211076. <https://doi.org/10.1177/11786302231211076>

- Ben Said, M., Belkahia, H., & Messadi, L. (2018). Anaplasma spp. in North Africa: A review on molecular epidemiology, associated risk factors and genetic characteristics. *Ticks and tick-borne diseases*, 9(3), 543–555. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.01.003>
- Benavides, M. V., & Sacco, A. M. S. (2007). Differential Bos taurus cattle response to Babesia bovis infection. *Veterinary Parasitology*, 150(1-2), 54-64.
- Benchikh Elfegoun, M. C., Gharbi, M., Merzekani, Z., & Kohil, K. (2018). Piroplasmoses bovines dans les provinces de Skikda et d'Oum El Bouaghi (nord-est de l'Algérie) : étude épidémiologique et estimation des pertes de production laitière. *Revue d'élevage Et De médecine vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 70(3), 105–110. <https://doi.org/10.19182/remvt.31519>
- Benchikh Elfegoun, M. C., Kohil, K., Gharbi, M., Afoutni, L., Benachour, M. L. (2019). Cinétique D'infestation par les tiques des bovins de la région subhumide de constantine en Algérie. *Rev Elev Med Vet Pays Trop* 72(1):41–45. <https://doi.org/10.19182/remvt.31726>
- Benchikh Elfegoun, M.C., Gharbi, M., Djebir, S., Kohil, K. (2014). Dynamique d'activité saisonnière Des tiques ixodidés parasites des bovins dans deux étages bioclimatiques du nord-est algérien. *Rev Elev Med Vet Pays Trop* 66(4):117–122. <https://doi.org/10.19182/remvt.10150>
- Beugnet, F. (2017). Rhipicephalus sanguineus ticks: a new vector from the continent to the UK?. *The Veterinary Record*, 180(5), 117.
- Bilgic, H. B., Aksulu, A., Bakırcı, S., Unlu, A. H., Kose, O., Hacılarlıoğlu, S., Weir, W., & Karagenc, T. (2019). Infection dynamics of *Theileria annulata* over a disease season following cell line vaccination. *Veterinary Parasitology*, 265, 63–73.
- Bilgic, H. B., Karagenc, T., Bakırcı, S., Shiels, B., Tait, A., Kinnaird, J., Eren, H., & Weir, W. (2016). Identification and Analysis of Immunodominant Antigens for ELISA-Based Detection of *Theileria annulata*. *PloS one*, 11(6), e0156645. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156645>
- Bock, R., Jackson, L., de Vos, A., & Jorgensen, W. (2004). Babesiosis of cattle. *Parasitology*, 129 Suppl, S247–S269. <https://doi.org/10.1017/s0031182004005190>
- Bonnet, S., George, J. C., & Boulanger, N. (2015). L'interface tique-hôte et la transmission des pathogènes. *Tiques et Maladies à Tiques ; IRD: Marseille, France*, 165-191.
- Bouattour, A., Darghouth, M. A., & Daoud, A. (1999). Distribution and ecology of ticks (Acari: Ixodidae) infesting livestock in Tunisia: an overview of eighth years field collections. *Parassitologia*, 41 Suppl 1, 5–10.

- Bouattour, A., Darghouth, M. A., & Daoud, A. (2000). Distribution and ecology of ticks (Acari: Ixodidae) infesting livestock in Tunisia: an overview of eight years field collections. *Parassitologia*, 41, 5-10.
- Bouattour, A., Darghouth, M. A., & Miled, L. B. (1996). Cattle infestation by *Hyalomma* ticks and prevalence of *Theileria* in *H. detritum* species in Tunisia. *Veterinary Parasitology*, 65(3-4), 233-245.
- Bouattour, A., Ghammam, M., Darghouth, M. A., Touil, S., Tahri, M., & Ben Hamouda, F. (2004). Séroépidémiologie de la babésiose bovine à *Babesia divergens* en Tunisie. *Revue d'élevage Et De médecine vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 57(1-2), 59–64. <https://doi.org/10.19182/remvt.9906>
- Boulangier, N., & McCoy, K. (2017). Chapitre 25. Les tiques (Acari : Ixodida). In G. Duvallet, D. Fontenille, & V. Robert (éds.), *Entomologie médicale et vétérinaire* (1). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.22142>
- Boukaboul, A. (2003). Parasitisme des tiques (Ixodidae) des bovins à Tiaret, Algérie. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 56(3-4), 157-162. <https://doi.org/10.19182/remvt.9858>
- Boussaadoun, M. A., Gharbi, M., Sayeh, L., Soudani, M. C., & Darghouth, M. A. (2015). Epidemiological situation of bovine tropical theileriosis (*Theileria annulata* infection) in the Northwest Tunisia. *Journal of Advances in Parasitology*, 2(4), 69–74.
- Caeiro, V. (1999). General review of tick species presents in Portugal. *Parassitologia*, 41, 11-15.
- Camus, E., & Uilenberg, G. (2010). Anaplasmosis. In P. C. Lefevre, J. Blancou, R. Chermette, & G. Uilenberg (Eds.), *Infectious and parasitic diseases of livestock. Bacterial disease fungal disease parasitic disease* (pp. 1247–1263). Paris, France: Lavoisier, TEC & Doc, EM International.
- Center for Food Security and Public Health (CFSPH). (2008). Bovine babesiosis, Iowa state university, Ames, Iowa.
- Ceylan, O., Xuan, X., & Sevinc, F. (2021). Primary tick-borne protozoan and rickettsial infections of animals in Turkey. *Pathogens*, 10(2), 231.
- Chauvin, A., Moreau, E., Bonnet, S., Plantard, O., & Malandrin, L. (2009). *Babesia* and its hosts: adaptation to long-lasting interactions as a way to achieve efficient transmission. *Veterinary research*, 40(2).

- Dalglish, R. J., Stewart, N. P., & Duncalfe, F. (1981). Reduction in pathogenicity of *Babesia bovis* for its tick vector, *Boophilus microplus*, after rapid blood passage in splenectomized calves. *Zeitschrift für Parasitenkunde*, *64*, 347-351.
- Dantas-Torres, F. (2008). The brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae): from taxonomy to control. *Veterinary parasitology*, *152*(3-4), 173-185. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.12.030>
- Dantas-Torres, F., Chomel, B. B., & Otranto, D. (2012). Ticks and tick-borne diseases: a One Health perspective. *Trends in parasitology*, *28*(10), 437-446.
- Darghouth, M. A. (2000). La theileriose tropicale des bovins (*Theileria annulata*) en tunisie: Caractérisation des états d'endémie et deloppemnt de lignées de schizontes attebues. Toulouse, INPT
- Darghouth, M. A. (2004). Piroplasmids of livestock in Tunisia. *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, *81*(1-4), 21-25.
- Darghouth, M. A. (2004). Prévention de la theilériose tropicale en Tunisie : lutte acaricide et vaccination. Comptes rendus des 11èmes journées de l'institution de la recherche et de l'enseignement supérieur agricoles, 18.
- Darghouth, M. A. (2008). Review on the experience with live attenuated vaccines against tropical theileriosis in Tunisia: considerations for the present and implications for the future. *Vaccine*, *26*, G4-G10.
- Darghouth, M. A., Miled, L. B., Bouattour, A., Melrose, T. R., Brown, C. G. D., & Kilani, M. (1996). A preliminary study on the attenuation of Tunisian schizont-infected cell lines of *Theileria annulata*. *Parasitology Research*, *82*, 647-655.
- Darghouth, M. A., Sassi, L., Gharbi, M., Soudani, M. C., Karoui, M., & Krichi, A. (2004). Detection of natural infections with *Theileria annulata* on calves at first theileriosis season: Comparison of the Indirect Fluorescent Antibody Test (IFAT) and blood smears. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, *81*(1-4), 41-45
- Darghouth, M. E. A., Bouattour, A., Miled, L. B., Kilani, M., & Brown, C. G. D. (1996). Epidemiology of tropical theileriosis (*Theileria annulata* infection of cattle) in an endemic region of Tunisia: characterisation of endemicity states. *Veterinary parasitology*, *65*(3-4), 199-211.
- Davies, R. (2016). *The Diary of Samuel Marchbanks* (Vol. 1).

- de la Fuente, J., Kocan, K. (2014). Development of vaccines for control of tick infestations and interruption of pathogen transmission, in: D. Sonenshine, R.M. Roe (Eds.), *Biology of Ticks*, Oxford University Press, 333-352.
- de La Fuente, J., Kocan, K. M., & Contreras, M. (2015). Prevention and control strategies for ticks and pathogen transmission. *Rev. Sci. Tech*, 34(1), 249-64.
- de la Fuente, J., Torina, A., Caracappa, S., Tumino, G., Furlá, R., Almazán, C., & Kocan, K. M. (2005). Serologic and molecular characterization of *Anaplasma* species infection in farm animals and ticks from Sicily. *Veterinary parasitology*, 133(4), 357–362. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.05.063>
- de León, A. P., Vannier, E. D. O. U. A. R. D., Almazán, C., & Krause, P. J. (2014). Tick-borne protozoa. In *Biology of ticks* (Vol. 2, pp. 147-179). Oxford University Press New York.
- De Waal, D. T., & Combrink, M. P. (2006). Live vaccines against bovine babesiosis. *Veterinary parasitology*, 138(1-2), 88-96.
- Demessie, Y., & Derso, S. (2015). Tick borne hemoparasitic diseases of ruminants: A review. *Advances in Biological Research*, 9(4), 210-224.
- Dib, L., Bitam, I., Tahri, M., Bensouilah, M., & De Meeûs, T. (2008). Competitive exclusion between piroplasmosis and anaplasmosis agents within cattle. *PLoS Pathogens*, 4(1), e7.
- Dobbelaere, D. A., & Rottenberg, S. (2003). Theileria-induced leukocyte transformation. *Current opinion in microbiology*, 6(4), 377-382.
- Dobbelaere, D., & Heussler, V. (1999). Transformation of leukocytes by *Theileria parva* and *T. annulata*. *Annual Reviews in Microbiology*, 53(1), 1-42.
- d'Oliveira, C., Van der Weide, M., Jacquiet, P., & Jongejan, F. (1997). Detection of *Theileria annulata* by the PCR in ticks (Acari: Ixodidae) collected from cattle in Mauritania. *Experimental & applied acarology*, 21, 279-291.
- Dominguez, M., Echaide, I., de Echaide, S. T., Wilkowsky, S., Zabal, O., Mosqueda, J. J., ... & Florin-Christensen, M. (2012). Validation and field evaluation of a competitive enzyme-linked immunosorbent assay for diagnosis of *Babesia bovis* infections in Argentina. *Clinical and Vaccine Immunology*, 19(6), 924-928. <https://doi.org/10.1128/CVI.00015-12>
- Drouin, A. (2018). Actualités en France et en Europe sur les maladies vectorisées par les tiques impliquant les animaux de production : vraies ou fausses émergences ? (Doctoral dissertation).

- Eisen, L. (2021). Control of ixodid ticks and prevention of tick-borne diseases in the United States: The prospect of a new Lyme disease vaccine and the continuing problem with tick exposure on residential properties. *Ticks and tick-borne diseases*, 12(3), 101649.
- Eisen, R. J., Kugeler, K. J., Eisen, L., Beard, C. B., & Paddock, C. D. (2017). Tick-borne zoonoses in the United States: persistent and emerging threats to human health. *ILAR journal*, 58(3), 319-335. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilx005>.
- El Fourgi, M., & Sornicle, J. (1967). Epizootologie et prophylaxie de la theileriose bovine en Tunisie. *Bull Off Int Epiz*, 25, 151-63.
- El Haj, N., Kachani, M., Bouslikhane, M., Ouhelli, H., Ahami, A. T., Katende, J., & Morzaria, S. P. (2002). Séro-épidémiologie de la theilériose à *Theileria annulata* et de la babéiose à *Babesia bigemina* au Maroc. *Revue de Médecine Vétérinaire (France)*, 153(3).
- El Hussein, A. M., Hassan, S. M., & Salih, D. A. (2012). Current situation of tropical theileriosis in the Sudan. *Parasitology Research*, 111, 503-508. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-2951-5>
- El-Ashker, M., Hotzel, H., Gwida, M., El-Beskawy, M., Silaghi, C., & Tomaso, H. (2015). Molecular biological identification of *Babesia*, *Theileria*, and *Anaplasma* species in cattle in Egypt using PCR assays, gene sequence analysis and a novel DNA microarray. *Veterinary parasitology*, 207(3-4), 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.12.025>
- El-Bahy, N. M., Menshawy, S. M., Goda, W. M., Nasr, S. M., AbouLaila, M. R., Bazh, E. K., & Abou-Rwash, A. A. (2018). Molecular detection of *Babesia bigemina* and *Babesia bovis* in cattle in Behaira Governorate. *Ejpmr*, 5(12), 441-446.
- Elhachimi, L., Rogiers, C., Casaert, S., Fellahi, S., Van Leeuwen, T., Dermauw, W., Valcárcel, F., Olmeda, Á. S., Daminet, S., Khatat, S. E. H., Sahibi, H., & Duchateau, L. (2021). Ticks and Tick-Borne Pathogens Abound in the Cattle Population of the Rabat-Sale Kenitra Region, Morocco. *Pathogens*, 10(12), 1594. <https://doi.org/10.3390/pathogens10121594>
- El-Sawalhy, A. (2012). *Veterinary Infectious Diseases in Domestic Animals*. 305-308.
- Ernieenor, F. C. L., Apanaskevich, D. A., Ernna, G., & Mariana, A. (2020). Description and characterization of questing hard tick, *Dermacentor steini* (Acari: Ixodidae) in Malaysia based on phenotypic and genotypic traits. *Experimental & applied acarology*, 80(1), 137–149. <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00439-4>
- Esmailnejad, B., Tavassoli, M., Asri-Rezaei, S., Dalir-Naghadeh, B., Mardani, K., Golabi, M., Arjmand, J., Kazemnia, A., & Jalilzadeh, G. (2015). Determination of Prevalence and Risk Factors

- of Infection with *Babesia ovis* in Small Ruminants from West Azerbaijan Province, Iran by Polymerase Chain Reaction. *Journal of arthropod-borne diseases*, 9(2), 246–252.
- Estrada-Peña, A. J. R. S. T. (2015). Ticks as vectors: taxonomy, biology and ecology. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 34(1), 53-65.
- Estrada-Peña, A., Ayllón, N., & De La Fuente, J. (2012). Impact of climate trends on tick-borne pathogen transmission. *Frontiers in physiology*, 3, 64. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00064>
- Estrada-Peña, A., Bouattour, A. J. L. C., Camicas, J. L., & Walker, A. R. (2004). Ticks of domestic animals in the Mediterranean region. *University of Zaragoza, Spain*, 131(4).
- Estrada-Peña, A., Mangold, A. J., Nava, S., Venzal, J. M., Labruna, M., and Guglielmone, A. A. (2010). A review of the systematics of the tick family Argasidae (Ixodida). *Acarologia* 50, 317–333. <https://doi.org/10.1051/acarologia/20101975>.
- Estrada-Peña, A., Roura, X., Sainz, A., Miró, G., & Solano-Gallego, L. (2017). Species of ticks and carried pathogens in owned dogs in Spain: Results of a one-year national survey. *Ticks and tick-borne diseases*, 8(4), 443–452. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.02.001>
- Estrada-Peña, A., Venzal, J. M., Kocan, K. M., & Sonenshine, D. E. (2008). Overview: ticks as vectors of pathogens that cause disease in humans and animals.
- Fadly, R. E. D. A. (2012). Prevalence of blood parasites of some farm animals at Behera province. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 58(134), 1-7.
- Fahrimal, Y., Goff, W. L., & Jasmer, D. P. (1992). Detection of *Babesia bovis* carrier cattle by using polymerase chain reaction amplification of parasite DNA. *Journal of clinical microbiology*, 30(6), 1374–1379. <https://doi.org/10.1128/jcm.30.6.1374-1379.1992>
- Fakhar, M., Hajihassani, A., Maroufi, S., Alizadeh, H., Shirzad, H., Piri, F., & Pagheh, A. S. (2012). An epidemiological survey on bovine and ovine babesiosis in Kurdistan Province, western Iran. *Tropical animal health and production*, 44, 319-322.
- Farkas, R., Salman, M., & Estrada-Peña, A. (2013). Surveillance and control measures. In *Ticks and tick-borne diseases: geographical distribution and control strategies in the Euro-Asia region* (pp. 98-114). Wallingford UK: CABI.
- Flach, E. J., Ouhelli, H., Waddington, D., Oudich, M., & Spooner, R. L. (1995). Factors influencing the transmission and incidence of tropical theileriosis (*Theileria annulata* infection of

cattle) in Morocco. *Veterinary parasitology*, 59(3-4), 177–188. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)00760-a](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)00760-a)

Foughali, A. A., Amairia, S., Bitam, I., Berber, A., & Gharbi, M. (2021). Knowledge, attitude and perception of bovine piroplasmiasis by cattle owners in Constantine, North-East of Algeria, using participatory epidemiology. *Tropical animal health and production*, 53(1), 167. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02608-3>

Foughali, A. A., Mhadhbi, M., Amairia, S., Dhibi, M., Bitam, I., Boukabache, H., ... & Gharbi, M. (2023). Cattle co-infection patterns by hemopathogens and their phylogenetic analysis during the tick season in Constantine and Mila, Northeast Algeria. *Parasitology Research*, 122(10), 2245-2257.

Foughali, A. A., Ziam, H., Aiza, A., Boulkrou, H., Berber, A., Bitam, I., & Gharbi, M. (2021). Cross-sectional survey of cattle haemopathogens in Constantine, Northeast Algeria. *Veterinary medicine and science*, 7(4), 1237–1244. <https://doi.org/10.1002/vms3.459>

Gallego-Lopez, G. M., Cooke, B. M., & Suarez, C. E. (2019). Interplay between attenuation-and virulence-factors of *Babesia bovis* and their contribution to the establishment of persistent infections in cattle. *Pathogens*, 8(3), 97.

Georges, K., Loria, G. R., Riili, S., Greco, A., Caracappa, S., Jongejan, F., & Sparagano, O. (2001). Detection of haemoparasites in cattle by reverse line blot hybridisation with a note on the distribution of ticks in Sicily. *Veterinary parasitology*, 99(4), 273–286. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00488-5](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00488-5)

Gern, L., Cadenas, F. M., & Burri, C. (2008). Influence of some climatic factors on Ixodes ricinus ticks studied along altitudinal gradients in two geographic regions in Switzerland. *International Journal of Medical Microbiology*, 298, 55-59.

Gharbi, M., & Darghouth, M. A. (2014). A review of Hyalomma scupense (Acari, Ixodidae) in the Maghreb region: from biology to control. *Parasite (Paris, France)*, 21, 2. <https://doi.org/10.1051/parasite/2014002>

Gharbi, M., & Darghouth, M. A. (2015). Control of tropical theileriosis (*Theileria annulata* infection in cattle) in North Africa. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(7), 505-510.

Gharbi, M., Darghouth, M. A., Elati, K., Al-Hosary, A. A. T., Ayadi, O., Salih, D. A., El Hussein, A. M., Mhadhbi, M., Khamassi Khbou, M., Hassan, S. M., Obara, I., Ahmed, L. S., & Ahmed, J. (2020). Current status of tropical theileriosis in Northern Africa: A review of recent

epidemiological investigations and implications for control. *Transboundary and emerging diseases*, 67 Suppl 1, 8–25. <https://doi.org/10.1111/tbed.13312>

Gharbi, M., Hayouni, M. E., Sassi, L., Dridi, W., & Darghouth, M. A. (2013). *Hyalomma scupense* (Acari, Ixodidae) in northeast Tunisia: seasonal population dynamics of nymphs and adults on field cattle. *Parasite*, 20.

Gharbi, M., Mhadhbi, M., & Darghouth, M. A. (2012). Diagnostic de la theilériose tropicale du bœuf (infection par *Theileria annulata*) en Afrique du Nord. *Revue Méd. Vét*, 163(12), 563-571.

Gharbi, M., Sassi, L., Dorchie, P., & Darghouth, M. A. (2006). Infection of calves with *Theileria annulata* in Tunisia: Economic analysis and evaluation of the potential benefit of vaccination. *Veterinary Parasitology*, 137(3-4), 231-241.

Gharbi, M., Touay, A., Khayeche, M., Laarif, J., Jedidi, M., Sassi, L., & Darghouth, M. A. (2011). Ranking control options for tropical theileriosis in at-risk dairy cattle in Tunisia, using benefit-cost analysis. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 30(3), 763–778. <https://doi.org/10.20506/rst.30.3.2074>

Ghoneim, A. M., & El-Fayomy, A. O. (2014). Targeting tams-1 gene results in underestimation of *Theileria annulata* infection in diseased cattle in Egypt. *Acta parasitologica*, 59(1), 85–90. <https://doi.org/10.2478/s11686-014-0211-9>

Glass, E. J. (2001). The balance between protective immunity and pathogenesis in tropical theileriosis: what we need to know to design effective vaccines for the future. *Research in veterinary science*, 70(1), 71-75.

Glass, E. J., Preston, P. M., Springbett, A., Craigmile, S., Kirvar, E., Wilkie, G., & Brown, C. D. (2005). *Bos taurus* and *Bos indicus* (Sahiwal) calves respond differently to infection with *Theileria annulata* and produce markedly different levels of acute phase proteins. *International journal for parasitology*, 35(3), 337-347.

Gohil, S., Herrmann, S., Günther, S., & Cooke, B. M. (2013). Bovine babesiosis in the 21st century: advances in biology and functional genomics. *International Journal for Parasitology*, 43(2), 125-132.

Goodman, J. L., Dennis, D. T., & Sonenshine, D. E. (2005). *Tick-borne diseases of humans* (pp. xiii+-401).

- Graham, S. P., Brown, D. J., Vatansever, Z., Waddington, D., Taylor, L. H., Nichani, A. K., ... & Spooner, R. L. (2001). Proinflammatory cytokine expression by *Theileria annulata* infected cell lines correlates with the pathology they cause in vivo. *Vaccine*, *19*(20-22), 2932-2944.
- Gray, E. B., & Herwaldt, B. L. (2019). Babesiosis surveillance—United States, 2011–2015. *MMWR. Surveillance Summaries*, *68*(No. SS-6):1–11. <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.ss6806a1>
- Gray, J. S., Estrada-Peña, A., & Zintl, A. (2019). Vectors of babesiosis. *Annual review of entomology*, *64*(1), 149-165.
- Grech-Angelini, S., Stachurski, F., Lancelot, R., Boissier, J., Allienne, J. F., Gharbi, M., & Uilenberg, G. (2016). First report of the tick *Hyalomma scupense* (natural vector of bovine tropical theileriosis) on the French Mediterranean island of Corsica. *Veterinary parasitology*, *216*, 33-37.
- Guglielmone, A. A., Robbins, R. G., Apanaskevich, D. A., Petney, T. N., Estrada-Peña, A., & Horak, I. G. (2014). The hard ticks of the world. *Springer, Dordrecht*, *10*, 978-994.
- Guglielmone, A., Richad, R., Apanaskevich, D., Petney, T., Estrada-Pena, A., Horak, I.G., Shao, R., Barker, S. (2010). The Argasidae, Ixodidae and Nuttalliellidae (Acari: Ixodida) of the world: A list of valid species names. *Zootaxa*, *2528*, 1-28.
- Guglielmone, A.A., Nava, S., Robbins, R.G., 2023. Geographic distribution of the hard ticks (Acari: ixodida: ixodidae) of the world by countries and territories. *Zootaxa* 1–274. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5251.1.1>
- Guiguen, C., Belaz, S., & Degeilh, B. (2019). Bio-écologie et rôle pathogène des tiques de France métropolitaine. *Revue Francophone des Laboratoires*, *2019*(513), 24-33.
- Gul, N., Ayaz, S., Gul, I., Adnan, M., Shams, S., & Akbar, N. (2015). Tropical theileriosis and east coast fever in cattle: present, past and future perspective. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, *4*(8), 1000-1018.
- Haematology, I. (1984). ICSH reference method for staining of blood and bone marrow films by azure B and eosin Y (Romanowsky stain). International Committee for Standardization in Haematology. *Br. J. Haematol*, *57*, 707-710.
- Hairgrove, T., Schroeder, M. E., Budke, C. M., Rodgers, S., Chung, C., Ueti, M. W., & Bounpheng, M. A. (2015). Molecular and serological in-herd prevalence of *Anaplasma marginale* infection in Texas cattle. *Preventive veterinary medicine*, *119*(1-2), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.02.006>

- Hakimi, H., & Verocai, G. G. (2023). Babesia bovis. Trends in Parasitology, 39(8), 708-709. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1471492223001216>
- Harvey, J. W., Asquith, R. L., McNULTY, P. K., Kivipelto, J. A. N., & Bauer, J. E. (1984). Haematology of foals up to one year old. *Equine Veterinary Journal*, 16(4), 347-353.
- Hashem, M., Neamat-Allah, A. N., & Gheith, M. A. (2018). A study on bovine babesiosis and treatment with reference to hematobiochemical and molecular diagnosis.
- Homer, M. J., Aguilar-Delfin, I., Telford III, S. R., Krause, P. J., & Persing, D. H. (2000). Babesiosis. *Clinical microbiology reviews*, 13(3), 451-469.
- Hornok, S. (2009). Allochronic seasonal peak activities of Dermacentor and Haemaphysalis spp. under continental climate in Hungary. *Veterinary Parasitology*, 163(4), 366-369. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.03.048>
- Hunfeld, K. P., Hildebrandt, A., & Gray, J. S. (2008). Babesiosis: recent insights into an ancient disease. *International journal for parasitology*, 38(11), 1219-1237.
- Ikpeze, Obiora & I., Eneanya, & J., Chinweoke, & Aribodor, D.N & Anyasodor, Anayochukwu. (2011). Species Diversity, Distribution and Predilection Sites of Ticks (Acarina: Ixodidae) On Trade Cattle at Enugu and Anambra States, South-Eastern Nigeria. <https://doi.org/10.13140/2.1.2800.1925>.
- Ilhan, T., Williamson, S., Kirvar, E., Shiels, B., & Brown, C. G. D. (1998). Theileria annulata: Carrier State and Immunity a. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 849(1), 109-125.
- INRAE. (15 mai 2020). Portrait de tiques. <https://www.inrae.fr/actualites/portrait-tiques>
- Jongejan, F., & Uilenberg, G. (2004). The global importance of ticks. *Parasitology*, 129(S1), S3-S14.
- Kamani, J., Sannusi, A., Egwu, O. K., Dogo, G. I., Tanko, T. J., Kemza, S., ... & Gbise, D. S. (2010). Prevalence and significance of haemoparasitic infections of cattle in North-Central, Nigeria.
- Keles, I., Alptekin, I., Atasoy, N., Çinar, A., Dönmez, N., & Ceylan, E. (2003). Pseudopericarditis in a cow caused by theileriosis-a case report. *Vet Archiv*, 73, 111-117.
- Kivaria, F. M. (2006). Estimated direct economic costs associated with tick-borne diseases on cattle in Tanzania. *Tropical animal health and production*, 38, 291-299.

- Kocan, K. M., & de la Fuente, J. (2003). Co-feeding studies of ticks infected with *Anaplasma marginale*. *Veterinary parasitology*, *112*(4), 295-305.
- Koch, H. G., & Tuck, M. D. (1986). Molting and survival of the brown dog tick (Acari: Ixodidae) under different temperatures and humidities. *Annals of the Entomological society of America*, *79*(1), 11-14.
- Koh, F. X., Panchadcharam, C., Sitam, F. T., & Tay, S. T. (2018). Molecular investigation of *Anaplasma* spp. in domestic and wildlife animals in Peninsular Malaysia. *Veterinary parasitology, regional studies and reports*, *13*, 141–147. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2018.05.006>
- Kouidi, M., Ammar, A. A., Selles, S. M. A., Khellil, C., K., Smail, F., & Belhamiti, B. T. (2018). Survey on species composition of Ixodidae tick infesting cattle in Tiaret (Algeria). *Tropical Agriculture*, *95*(1). <https://journals.sta.uwi.edu/ojs/index.php/ta/article/view/6563>
- Kumar, B., Maharana, B. R., Prasad, A., Joseph, J. P., Patel, B., & Patel, J. S. (2016). Seasonal incidence of parasitic diseases in bovines of south western Gujarat (Junagadh), India. *Journal of Parasitic Diseases*, *40*, 1342-1346. <https://doi.org/10.1007/s12639-015-0686-9>
- Kuttler, K. L. (1981). Chemotherapy of babesiosis: a review. In *Babesiosis*. 65- 85.
- Laamari, A., Kharrim, K. E., Mrifag, R., Boukbal, M., & 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*(3-4), 57-62. <https://doi.org/10.19182/remvt.10123>
- Lebbi, R. (1992). Contribution à l'étude épidémiologique de la theilériose bovine dans la région de Sidi Thabet, étude du parasitisme comparée des veaux et des adultes par les tiques *Hyalomma* sp. MSc Thesis Veterinary Medicine. Sidi Thabet, Tunisia: Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire.
- Lecointre, G., Le Guyader, H., & Visset, D. (2001). *Classification phylogénétique du vivant* (Vol. 2). Paris: Belin.
- Lefèvre, P. C., Blancou, J., & Chermette, R. (2010). *Infectious and parasitic diseases of livestock*. Lavoisier.
- Levy, B. S., & Patz, J. A. (2015). Climate change, human rights, and social justice. *Annals of global health*, *81*(3), 310-322.
- Levy, M. G., Clabaugh, G. R. E. G. G., & Ristic, M. (1982). Age resistance in bovine babesiosis: role of blood factors in resistance to *Babesia bovis*. *Infection and immunity*, *37*(3), 1127-1131.

- Liu, J., Guan, G., & Yin, H. (2022). *Theileria annulata*. *Trends in Parasitology*, 38(3), 265–266. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2021.11.001>
- Lizundia, R., Chaussepied, M., Huerre, M., Werling, D., Di Santo, J. P., & Langsley, G. (2006). c-Jun NH2-terminal kinase/c-Jun signaling promotes survival and metastasis of B lymphocytes transformed by *Theileria*. *Cancer research*, 66(12), 6105-6110.
- Loizon, H. (2023). Babésiose bovine : tour d’horizon et clefs de détection. Sciences du Vivant [q-bio]. ffdumas-04398085ff
- Lorusso, V., Picozzi, K., de Bronsvort, B. M., Majekodunmi, A., Dongkum, C., Balak, G., Igweh, A., & Welburn, S. C. (2013). Ixodid ticks of traditionally managed cattle in central Nigeria: where *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* does not dare (yet?). *Parasites & vectors*, 6, 171. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-171>
- M’ghirbi, Y., Hurtado, A., & Bouattour, A. (2010). *Theileria* and *Babesia* parasites in ticks in Tunisia. *Transboundary and emerging diseases*, 57(1-2), 49-51.
- Magesa, W. S., Haji, I., Kinimi, E., Nzalawahe, J. S., & Kazwala, R. (2023). Distribution and molecular identification of ixodid ticks infesting cattle in Kilombero and Iringa Districts, Tanzania. *BMC veterinary research*, 19(1), 121. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03652-x>
- Marchal, C. (2011). Campagne d’éradication de la babésiose bovine en Nouvelle Calédonie (2008-2010). Thèse d’exercice. France : École nationale vétérinaire d’Alfort.
- Marchal, C. (2011). Campagne d’éradication de la babésiose bovine en Nouvelle-Calédonie (2008-2010) (Doctoral dissertation).
- Maslin, J., Beugnet, F., Davoust, B., & Klotz, F. (2004). Babésioses. *EMC-Maladies infectieuses*, 1(4), 281-292.
- Matallah, F., Benakhla, A., & Bouattour, A. (2013). Infestation du chien par *Rhipicephalus sanguineus* dans deux régions de l’extrême nord-est de l’Algérie. *Revue d’élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 66(3), 97-101.
- M'barek, M. (1994). Incidence de la theileriose sur la production laitière bovine : essai d'estimation préliminaire dans la Nord-Est de la basse vallée de la Medjerda. Thèse en Médecine Vétérinaire, Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire de Sidi Thabet, Tunisie, 62.
- McClelland & Stewart. De la Fuente, J., Antunes, S., Bonnet, S., Cabezas-Cruz, A., Domingos, A. G., Estrada-Peña, A., ... & Rego, R. O. (2017). Tick-pathogen interactions and vector competence:

identification of molecular drivers for tick-borne diseases. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 7, 114.

McCoy, K. D., and Boulanger, N. (Eds.). (2015). Tiques et maladies à tiques : biologie, écologie évolutive, épidémiologie. Marseille : IRD. 344p.

McHardy M. (1991). Butalex (Buparvaquone)-A new therapeutic for theileriosis with comments on its value in an integrated control strategy. In: Singh DK, Varshney BC, editors. Orientation and Coordination of Research on Tropical Theileriosis. Proceedings of the Second International Workshop sponsored by the European Communities Science and Technology for Development Programme, Anand: National Dairy Development Board, 133-40.

Mechouk, N., Mihalca, A. D., Deak, G., & Bouslama, Z. (2022). Synopsis of the ticks of Algeria with new hosts and localities records. *Parasites & Vectors*, 15(1), 302. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05424-2>

Mehlhorn, H. (2011). Ixodid ticks: world record holders in starvation and blood engorging. *Prog. Parasitol*, 336.

Menshawy, S. M., Bazh, E. K., & Abou-Rawash, A. A. (2018). Dynamics of Boophilus Ticks and its Role in Transmission of Piroplasms at Behaira District. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 56(1).

M'ghirbi, Y., Bèji, M., Oporto, B., Khrouf, F., Hurtado, A., & Bouattour, A. (2016). Anaplasma marginale and A. phagocytophilum in cattle in Tunisia. *Parasites & vectors*, 9(1), 556. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1840-7>

M'ghirbi, Y., Hurtado, A., & Bouattour, A. (2010). Theileria and Babesia parasites in ticks in Tunisia. *Transboundary and emerging diseases*, 57(1-2), 49–51. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01110.x>

Mhadhbi, M., Naouach, A., Boumiza, A., Chaabani, M. F., BenAbderazzak, S., & Darghouth, M. A. (2010). In vivo evidence for the resistance of Theileria annulata to buparvaquone. *Veterinary Parasitology*, 169(3-4), 241-247.

Miladi, N. (2005). Diagnostic microscopique de la theilériose tropicale : effet de la conservation des prélèvements sanguins au réfrigérateur et à température ambiante. Thèse en médecine vétérinaire. École Nationale de Médecine Vétérinaire de Sidi Thabet, Tunisie,34.

- Minjauw, B., & McLeod, A. (2003). Tick-borne diseases and poverty: the impact of ticks and tick-borne diseases on the livelihoods of small-scale and marginal livestock owners in India and eastern and southern Africa.
- Mohamed, S. B., Alagib, A., AbdElkareim, T. B., Hassan, M. M., Johnson, W. C., Hussein, H. E., ... & Ueti, M. W. (2018). Molecular detection and characterization of *Theileria* spp. infecting cattle in Sennar State, Sudan. *Parasitology Research*, 117, 1271-1276.
- Morel, P.C. (1981). Maladies à tiques du bétail en Afrique. In: Troncy P.M., Itard J., Morel P.C. (Eds), *Précis de parasitologie médicale et comparée*. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, pp. 594–595.
- Mosqueda, J., Olvera-Ramírez, A., Aguilar-Tipacamu, G., & J Canto, G. (2012). Current advances in detection and treatment of babesiosis. *Current medicinal chemistry*, 19(10), 1504-1518.
- Moutailler, S., George, j.C., Hansmann, y., Degeilh, B., joncour, G., jourdain, E., Malandrin, L., umhang, G., vayssier-Taussat, M., vial, L., Bonnet, S., Boulanger, N. (2016). Principales maladies transmises par les tiques : épidémiologie, clinique et diagnostic. In McCoy, K.D., Boulanger, n., eds : *Tiques et maladies à tiques. Biologie, écologie évolutive, épidémiologie*, chap. 8, IRD Éditions.
- Muhammad, G., Saqib, M., Athar, M., Khan, M. Z., Assi, M. N. (1999). Clinico-epidemiological and therapeutic aspects of bovine theileriosis. *Pakistan Vet. J.*, 2, 64-71.
- Namomsa, I., Gari, J., & Eshetu, A. (2023). Prevalence of Bovine Babesiosis in Selected District of East Wollega Zone, Western Ethiopia. *Microbes, Infection and Chemotherapy*, 3, e1856. <https://doi.org/10.54034/mic.e1856>
- Nicholson, W. L., Sonenshine, D. E., Noden, B. H., & Brown, R. N. (2019). Ticks (ixodida). In *Medical and veterinary entomology* (pp. 603-672). Academic Press.
- Nosek, J. (1972). The ecology and public health importance of *Dermacentor marginatus* and *D. reticulatus* ticks in Central Europe. *Folia Parasitol* 19:93–102
- Notomi, T., Okayama, H., Masubuchi, H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino, N., & Hase, T. (2000). Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic acids research*, 28(12), e63-e63.
- Ocaido, M., Muwazi, R. T., & Opuda, J. A. (2009). Economic impact of ticks and tick-borne diseases on cattle production systems around Lake Mburo National Park in South Western Uganda. *Tropical animal health and production*, 41, 731-739.

- Office International des Epizooties (OIE). (2012). Theileriosis. *In: Manuel des tests de diagnostic et des vaccins pour les animaux terrestres*, Paris. 580-595.
- Ogden, N. H., & Lindsay, L. R. (2016). Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: ticks are different. *Trends in parasitology*, 32(8), 646-656.
- Ogden, N. H., Ben Beard, C., Ginsberg, H. S., & Tsao, J. I. (2021). Possible effects of climate change on ixodid ticks and the pathogens they transmit: Predictions and observations. *Journal of Medical Entomology*, 58(4), 1536-1545.
- Ogden, N. H., Lindsay, L. R., Beauchamp, G., Charron, D., Maarouf, A., O'callaghan, C. J., ... & Barker, I. K. (2004). Investigation of relationships between temperature and developmental rates of tick *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) in the laboratory and field. *Journal of medical entomology*, 41(4), 622-633.
- Ogden, N. H., Radojevic, M., Wu, X., Duvvuri, V. R., Leighton, P. A., & Wu, J. (2014). Estimated effects of projected climate change on the basic reproductive number of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis*. *Environmental health perspectives*, 122(6), 631-638.
- Okello-Onen, J., Tukahirwa, E. M., Perry, B. D., Rowlands, G. J., Nagda, S. M., Musisi, G., ... & Opuda-Asibo, J. (1999). Population dynamics of ticks on indigenous cattle in a pastoral dry to semi-arid rangeland zone of Uganda. *Experimental & applied acarology*, 23, 79-88. <https://doi.org/10.1023/A:1006058317111>
- Ouhelli, H., & Pandey, V. S. (1982). Prevalence of cattle ticks in Morocco. *Tropical Animal Health and Production*, 14(3), 151-154.
- Oura, C. A. L., Bishop, R. P., Wampande, E. M., Lubega, G. W., & Tait, A. (2004). Application of a reverse line blot assay to the study of haemoparasites in cattle in Uganda. *International journal for parasitology*, 34(5), 603-613.
- Parveen, A., Alkhaibari, A. M., Asif, M., Almohammed, H. I., Naqvi, Z., Khan, A., Aktas, M., Ozubek, S., Farooq, M., & Iqbal, F. (2021). Molecular Epidemiology of *Theileria annulata* in Cattle from Two Districts in Punjab (Pakistan). *Animals : an open access journal from MDPI*, 11(12), 3443. <https://doi.org/10.3390/ani11123443>
- Pastoret, P. P., Hamers, C., & Dehan, P. (2003). Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail.
- Pérez-Eid, C. (2007). Les tiques : identification, biologie, importance médicale et vétérinaire. Lavoisier. 328 p.

- Perveen, N., Muzaffar, S. B., & Al-Deeb, M. A. (2021). Ticks and tick-borne diseases of livestock in the Middle East and North Africa: A review. *Insects*, 12(1), 83. <https://doi.org/10.3390/insects12010083>
- Piaton, E., Fabre, M., Goubin-Versini, I., Bretz-Grenier, M. F., Courtade-Saïdi, M., Vincent, S., ... & Michiels, J. F. (2015, August). Recommandations techniques et règles de bonne pratique pour la coloration de May-Grünwald-Giemsa : revue de la littérature et apport de l'assurance qualité. In *Annales de Pathologie* (Vol. 35, No. 4, pp. 294-305). Elsevier Masson. <http://dx.doi.org/10.1016/j.annpat.2015.05.019>
- Piesman, j., Eisen, L. (2008). Prevention of tick-borne diseases. *Annu. Rev. Entomol.*, 53: 323-343.
- Pohl, A. E. (2013). Epidemiology study of tick-borne diseases in cattle in Minas Gerais, Brazil (Doctoral dissertation, lmu).
- Pohl, A. E., Cabezas-Cruz, A., Ribeiro, M. F., Silveira, J. A., Silaghi, C., Pfister, K., & Passos, L. M. (2013). Detection of genetic diversity of *Anaplasma marginale* isolates in Minas Gerais, Brazil. *Revista brasileira de parasitologia veterinaria = Brazilian journal of veterinary parasitology: Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 22(1), 129–135. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612013000100024>
- Rahali, T., Sahibi, H., Sadak, A., Ait Hamou, S., Losson, B., Goff, W. L., & Rhalem, A. (2014). Séroprévalence et facteurs de risque des hémoparasitoses (theilériose, babésiose et anaplasmosse) chez les bovins dans quatre grandes régions d'élevage du Maroc. *Revue d'élevage Et De médecine vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 67(4), 235–240. <https://doi.org/10.19182/remvt.20566>
- Rahman, N., Scott, F. H., Lvov, Y., Stavitskaya, A., Akhatova, F., Konnova, S., ... & Fakhrullin, R. (2021). Clay nanotube immobilization on animal hair for sustained anti-lice protection. *Pharmaceutics*, 13(9), 1477.
- Randolph, S. E. (1997). Abiotic and biotic determinants of the seasonal dynamics of the tick *Rhipicephalus appendiculatus* in South Africa. *Medical and Veterinary Entomology*, 11(1), 25-37.
- Rashid, M., Akbar, H., Rashid, I., Saeed, K., Ahmad, L., Ahmad, A. S., Shehzad, W., Islam, S., & Farooqi, S. (2018). Economic Significance of Tropical Theileriosis on a Holstein Friesian Dairy Farm in Pakistan. *The Journal of parasitology*, 104(3), 310–312. <https://doi.org/10.1645/16-179>
- Rehman, A., Nijhof, A. M., Sauter-Louis, C., Schauer, B., Staubach, C., & Conraths, F. J. (2017). Distribution of ticks infesting ruminants and risk factors associated with high tick prevalence in

- livestock farms in the semi-arid and arid agro-ecological zones of Pakistan. *Parasites & vectors*, 10(1), 190. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2138-0>
- Rejeb, A., Gharbi, M., Amara, A., Ben Mrad, M., & Darghouth, M. A. (2004). Etude nécropsique de la theilériose tropicale chez les veaux infectés expérimentalement par une souche parasitaire tunisienne de *Theileria annulata*.
- Renneker, S., Abdo, J., Ahmed, J. S., & Seitzer, U. (2009). Field validation of a competitive ELISA for detection of *Theileria annulata* infection. *Parasitology research*, 106, 47-53.
- Risco-Castillo, V. (2018). Les tiques et leurs pouvoirs pathogènes. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité de Parasitologie, Mycologie, Maladies parasitaires et fongiques, Dermatologie, 44.
- Rjeibi, M. R., Darghouth, M. A., Rekik, M., Amor, B., Sassi, L., & Gharbi, M. (2016). First molecular identification and genetic characterization of *Theileria lestoquardi* in sheep of the Maghreb region. *Transboundary and Emerging Diseases*, 63(3), 278-284. <https://doi.org/10.1111/tbed.12271>
- Rjeibi, Mohamed & Darghouth, Mohamed & Rekik, Mourad & Amor, B & Sassi, Limam & Gharbi, Mohamed. (2014). First Molecular Identification and Genetic Characterization of *Theileria lestoquardi* in Sheep of the Maghreb Region. *Transboundary and emerging diseases*. 63. <https://doi.org/10.1111/tbed.12271>.
- Rodriguez-Vivas, R. I., Jonsson, N. N., & Bhushan, C. (2018). Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. *Parasitology research*, 117, 3-29.
- Romdhane, R. (2019). *Infestation par les tiques et infection par les piroplasmes transmis par les tiques chez les ovins, en Tunisie* (Doctoral dissertation).
- Rouina, A. D. (1981). *Etude clinique de la theilériose bovine sur 237 cas en Algérie* (Doctoral dissertation, Thèse vétérinaire, OPU, Alger, Algérie).
- Rouina, A. D. (1984). Étude clinique de la theilériose bovine sur 327 cas en Algérie (région Nord-Ouest, Mascara). *Maghreb Vét.*, 1984, 3, 23-27.
- Saad, F., Khan, K., Ali, S., & Akbar, N. (2015). Zoonotic significance and prophylactic measure against babesiosis. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4, 938-953.

- Saari, S., Näreaho, A., & Nikander, S. (2018). Canine parasites and parasitic diseases. Academic press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814112-0.00009-X>
- Sadeddine, R., Diarra, A. Z., Laroche, M., Mediannikov, O., Righi, S., Benakhla, A., ... & Parola, P. (2020). Molecular identification of protozoal and bacterial organisms in domestic animals and their infesting ticks from north-eastern Algeria. *Ticks and tick-borne diseases*, *11*(2), 101330.
- Sado Yousseu, F., Simo Tchegnana, H., Kamgang, B., Djonabaye, D., McCall, P. J., Ndip, R. N., & Wondji, C. S. (2022). Infestation rates, seasonal distribution, and genetic diversity of ixodid ticks from livestock of various origins in two markets of Yaoundé, Cameroon. *Medical and veterinary entomology*, *36*(3), 283–300. <https://doi.org/10.1111/mve.12589>
- Sahibi, H., Rhalem, A., Berrag, B., & Goff, W. L. (1998). Bovine Babesiosis: Seroprevalence and Ticks Associated with Cattle from Two Different Regions of Morocco a. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *849*(1), 213-218.
- Sahinduran, S. (2012). Protozoan diseases in farm ruminants. A Bird's-Eye View of Veterinary Medicine, In.
- Sallemi, S., Rjeibi, M. R., Rouatbi, M., Amairia, S., Ben Said, M., Khamassi Khbou, M., & Gharbi, M. (2017). Molecular prevalence and phylogenetic analysis of *Theileria annulata* and *Trypanosoma evansi* in cattle in Northern Tunisia. *Veterinary medicine and science*, *4*(1), 17–25. <https://doi.org/10.1002/vms3.79>
- Salman, M., & Tarrés-Call, J. (Eds.). (2013). *Ticks and tick-borne diseases: geographical distribution and control strategies in the Euro-Asia region*. CABI.
- Sayin, F., Dincer, S., Karaer, Z., Çakmak, A., İnci, A., Yukari, B. A., ... & Muller, I. (1996). Studies on seroprevalence of Babesia infection of cattle in Turkey. In *Acta Parasitologica Turcica, Proceedings of the VIII International Congress of Parasitology–New Dimensions in Parasitology* (Vol. 20, No. Suppl 1, pp. 505-516).
- Selim, A., Ali, A. F., & Ramadan, E. (2019). Prevalence and molecular epidemiology of Johne's disease in Egyptian cattle. *Acta tropica*, *195*, 1-5.
- Sergent, E., Donatien, A., Parrot, L., & Lestoquard, F. (1940). Sept. années de prémunition contre les piroplasmoses (lato sensu) du boeuf (IOème-16ème campagnes). *Ann. Inst. Pasteur*, *65*, 199-203.
- Sergent, E., Donatien, A., Parrot, L., & Lestoquard, F. (1945). Etude Sur Les Piroplasmoses Bovines Institut Patseur D'Algerie, Alger, Algeria, 816.

- Sergent, E., Donatien, A., Parrot, L., Lestoquard, F., & Plantureux, E. (1927). Les piroplasmoses bovines d'Algérie. Deuxième mémoire. Méthodes de prémunition. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 5, 245-468.
- Sergent, E., Donatien, A., Parrot, L., Lestoquard, F., Plantureux, E., & Rougebief, H. (1924). Inoculation of Anaplasmosis from the Ox to the Sheep.
- Sevinc, F., & Xuan, X. (2015). Major tick-borne parasitic diseases of animals: A frame of references in Turkey. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 31(3), 132-142.
- Sheferaw, D. (2017). Tick resistance of two breeds of cattle in Wolaita zone, Southern Ethiopia. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 9(12), 349-355.
- Simuunza, M., Weir, W., Courcier, E., Tait, A., Shiels, B. 2011. Epidemiological analysis of tick-borne diseases in Zambia. *Veter. Parasitol.*, 175: 331– 342.
- Socolovschi, C., Doudier, B., & Parola, P. (2008). Tiques et maladies transmises à l'homme en Afrique. *Médecine tropicale*, 68(2), 119-133.
- Sparagano, O., & Jongejan, F. (1999). Molecular characterization of ticks and tick-borne pathogens. *Parassitologia*, 41, 101-105.
- Srionrod, N., Nooroong, P., Poolsawat, N., Minsakorn, S., Watthanadirek, A., Junsiri, W., Sangchuai, S., Chawengkirttikul, R., & Anuracpreeda, P. (2022). Molecular characterization and genetic diversity of *Babesia bovis* and *Babesia bigemina* of cattle in Thailand. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 12, 1065963. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.1065963>
- Suarez, C. E., & Noh, S. (2011). Emerging perspectives in the research of bovine babesiosis and anaplasmosis. *Veterinary parasitology*, 180(1-2), 109-125.
- Tait, A., & Hall, F. R. (1990). *Theileria annulata*: control measures, diagnosis and the potential use of subunit vaccines. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 9(2), 387-403.
- Taylor, D., & Ogihara, M. (2021). Climate influences on reproduction and immunity in the soft tick, *Ornithodoros moubata*. In *Climate, ticks and disease* (pp. 74-83). Wallingford UK: CABI.
- Taylor, M., Coop, R. and Wall, R. (2007). *Veterinary Parasitology*. 3rd ed. Blackwell Publishing, USA, 103-115.
- Tendeiro, J. (1962). Revisiao sistemática Ds ixodídeos portugueses. *Bol Pec* 2:1–131.

- Toiron, J. (2023). Etude des pathogènes transmis par les tiques aux bovins en Isère et des maladies vectorielles associées (Doctoral dissertation).
- Toudert, Y., Khelflaoui, A., Ziam, H. (2003). Evolution et impact économique de la theilériose tropicale à *Theileria annulata* dans une étable d'élevage laitier moderne. XVII Congrès National Vétérinaire. Alger le 8-9 octobre 2003.
- Troncy, P. M., Itard, J. Et Morel, P. C. (2000). Manual of tropical veterinary parasitology. In : Manual of tropical veterinary parasitology.
- Troncy, P. M., Itard, J., & Morel, P. C. (1981). *Précis de parasitologie vétérinaire tropicale*. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux.
- Tuli, A., Singla, L. D., Sharma, A., Bal, M. S., Folia, G., & Kaur, P. (2015). Molecular epidemiology, risk factors and hematochemical alterations induced by *Theileria annulata* in bovines of Punjab (India). *Acta parasitologica*, 60(3), 378–390. <https://doi.org/10.1515/ap-2015-0053>
- Uilenberg, G. (1995). International collaborative research: significance of tick-borne hemoparasitic diseases to world animal health. *Veterinary parasitology*, 57(1-3), 19-41.
- Uilenberg, G. (2006). Babesia—a historical overview. *Veterinary parasitology*, 138(1-2), 3-10.
- Valcárcel, F., González, J., Tercero Jaime, J. M., & Olmeda, A. S. (2016). Long term study of ixodid ticks feeding on red deer (*Cervus elaphus*) in a meso-Mediterranean climate. *Experimental & applied acarology*, 69(1), 61–72. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-0008-z>
- Valente, D., Dutra, A. P., Carolino, N., Gomes, J., Coelho, A. C., Espadinha, P., Pais, J., & Carolino, I. (2023). Prevalence and Risk Factors Associated with *Theileria annulata* Infection in Two Bovine Portuguese Autochthonous Breeds. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 12(5), 669. <https://doi.org/10.3390/pathogens12050669>
- Vial, H. J., & Gorenflot, A. (2006). Chemotherapy against babesiosis. *Veterinary parasitology*, 138(1-2), 147-160.
- Viseras, J., Hueli, L. E., Adroher, F. J., & García-Fernández, P. (1999). Studies on the transmission of *Theileria annulata* to cattle by the tick *Hyalomma lusitanicum*. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 46(8), 505-509.
- Von Schubert, C., Xue, G., Schmuckli-Maurer, J., Woods, K. L., Nigg, E. A., & Dobbelaere, D. A. E. (2010). The transforming parasite *Theileria* co-opts host cell mitotic and central spindles to

persist in continuously dividing cells. *Plos Biology*, 8(9).
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000499>

Walker, A.R., Bouattour, A., Camicas, J.L., Estrada-Peña, 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 (Vol. 74). Edinburgh: Bioscience Reports.

Wall, R., & Shearer, D. (2001). *Veterinary ectoparasites: biology, pathology, and control*, 2nd ed. Oxford, Blackwell Science.

Weir, W. (2006). Genomic and population genetic studies on *Theileria annulata*. PhD thesis. Scotland, United Kingdom.

Weir, W., Karagenç, T., Gharbi, M., Simuunza, M., Aypak, S., Aysul, N., ... & Tait, A. (2011). Population diversity and multiplicity of infection in *Theileria annulata*. *International Journal for Parasitology*, 41(2), 193-203.

Wodaje, A., Adudna, B., & Hamid, M. (2019). A review on bovine babesiosis. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci*, 6(1), 63-70.

Woodford, J. D., Jones, T. W., Rae, P. F., Boid, R., & Bell-Sakyi, L. (1990). Seroepidemiological studies of bovine babesiosis on Pemba Island, Tanzania. *Veterinary parasitology*, 37(3-4), 175–184. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(90\)90001-r](https://doi.org/10.1016/0304-4017(90)90001-r)

Woronzoff-Dashkoff, K. K. (2002). The wright-giemsa stain. Secrets revealed. *Clinics in laboratory medicine*, 22(1), 15-23. [https://doi.org/10.1016/s0272-2712\(03\)00065-9](https://doi.org/10.1016/s0272-2712(03)00065-9)

Yousfi-Monod, R., & Aeschlimann, A. (1986). Recherches sur les tiques (Acarina, Ixodidae), Parasites de Bovidés dans l'Ouest algérien-I—Inventaire systématique et dynamique saisonnière. *Annales de parasitologie humaine et comparée*, 61(3), 341-358.
<https://doi.org/10.1051/parasite/1986613341>

Yusuf, J. J. (2017). Review on bovine babesiosis and its economical ImportanceJemal. *Journal of Veterinary Medicine and Research*.

Ziam, H., & Benaouf, H. (2004). Prevalence of blood parasites in cattle from wilayates of Annaba and El Tarf east Algeria. *Archives De L'institut Pasteur De Tunis*, 81, 27–30.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16929762>

- Ziam, H., Ababou, A., Kazadi, J. M., Harhour, K. H., Assisi, M., Geysen, D., & Berkvens, D. (2016). Prévalences et signes cliniques associés des piroplasmoses bovines dans les Wilayates d'Annaba et El Tarf, Algérie. https://www.revmedvet.com/2016/RMV167_241_249.pdf
- Ziam, H., Kelanamer, R., Aissi, M., Ababou, A., Berkvens, D., & Geysen, D. (2015). Prevalence of bovine theileriosis in North Central region of Algeria by real-time polymerase chain reaction with a note on its distribution. *Tropical Animal Health and Production*, 47, 787–796. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0772-0>
- Ziam, H., Kernif, T., Saidani, K., Kelanemer, R., Hammaz, Z., & Geysen, D. (2020). Bovine piroplasmosis-anaplasmosis and clinical signs of tropical theileriosis in the plains of Djurdjura (north Algeria). *Veterinary medicine and science*, 6(4), 720–729. <https://doi.org/10.1002/vms3.305>
- Ziam, H., Saidani, K., & Aissi, M. (2017). Prevalence of bovine piroplasmosis and anaplasmosis in north-central Algeria. *Scientia Parasitologica*, 18, 7–15. http://scientia.zooparaz.net/2017_18_01/sp2017.pdf
- Zintl, A., Mulcahy, G., Skerrett, H. E., Taylor, S. M., & Gray, J. S. (2003). *Babesia divergens*, a bovine blood parasite of veterinary and zoonotic importance. *Clinical microbiology reviews*, 16(4), 622-636.

Annexes

Annexe 1. Fiche de suivi des animaux – infestation par les tiques dures.

N°	Date de collecte	Mois	Ferme	Age	Race	sexe	Infestation/ tiques	Nombre De tiques	Site de fixation
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Annexe 2. Répartition des différentes espèces de tiques ixodidés collectées dans diverses communes de la wilaya de Tiaret entre mai 2022 et mai 2023.

Espèces de tiques	Mois													Totale	Prévalence (%)
	Mai	Juin	Juillet	Auôt	Sept	Oct	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai		
<i>H. excavatum</i>	115	37	2	98	16	131	10	183	51	13	4	77	30	767	43.78
<i>H. marginatum</i>	30	64	12	30	3	3	6	17	2	0	0	97	89	353	20.15
<i>H. lusitanicum</i>	34	2	0	43	2	117	1	71	13	1	1	24	12	321	18.32
<i>H. scupense</i>	24	56	1	37	2	5	2	22	0	0	0	4	0	153	8.73
<i>H. impeltatum</i>	2	1	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	13	0.74
<i>R. bursa</i>	5	32	15	11	0	0	0	0	0	0	0	18	51	132	7.53
<i>R. (Boophilus) annulatus</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	8	0.46
<i>R. sanguineus sensu lato</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.23
<i>D. marginatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.06
Total	210	196	35	225	23	256	19	293	71	15	5	220	184	1752	100

Annexe 3. Photographie de quelques espèces de tiques dures collectées.



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(a)



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(b)

Hyalomma excavatum (mâle) : vue dorsale (a) et vue ventrale (b).



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(a)



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(b)

Hyalomma lusitanicum (mâle) : vue dorsale (a) et vue ventrale (b).



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(a)



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(b)

Hyalomma scupense (mâle) : vue dorsale (a) et vue ventrale (b).



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(a)



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

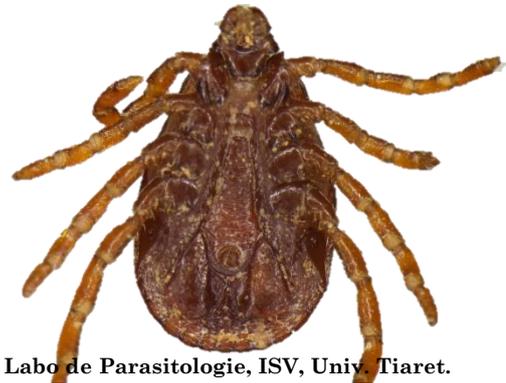
(b)

Hyalomma marginatum (mâle) : vue dorsale (a) et vue ventrale (b).



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(a)



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(b)

Rhipicephalus bursa (mâle) : vue dorsale (a) et vue ventrale (b).



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(a)



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

(b)

Rhipicephalus sanguineus sensu lato (mâle) : vue dorsale (a) et vue ventrale (b).



Labo de Parasitologie, ISV, Univ. Tiaret.

Dermacentor marginatus (femelle) : vue dorsale

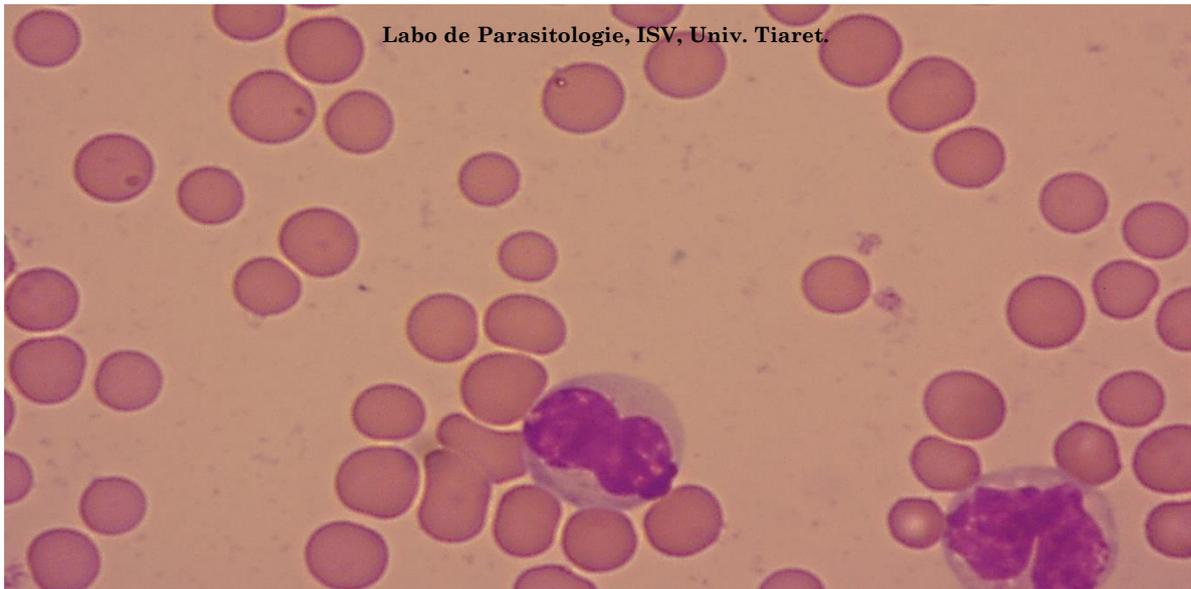
Annexe 4. Morphologie des formes érythrocytaires de *T. annulata* (Sergent et al., 1945).

Formes	Description	Fréquence
Forme ovale	<ul style="list-style-type: none"> - Parfois en poire - Cytoplasme bleuté - Noyau rouge violacé punctiforme à l'un des pôles de la cellule - 2 µm de long 	85%
Forme annulaire	<ul style="list-style-type: none"> - Noyau punctiforme, parfois en croissant - 0,5 à 1 µm 	85%
Forme allongée	<ul style="list-style-type: none"> - Forme rectiligne (flamme de bougie) ou curviligne (en forme de virgule) - Noyau punctiforme ou allongé 	10%
Forme anaplasmoïde	<ul style="list-style-type: none"> - Cytoplasme non visible - 0,5 à 1 µm 	5%
Forme en tétrade	<ul style="list-style-type: none"> - 4 bourgeonnements cytoplasmiques avec 4 noyaux punctiformes 	5%

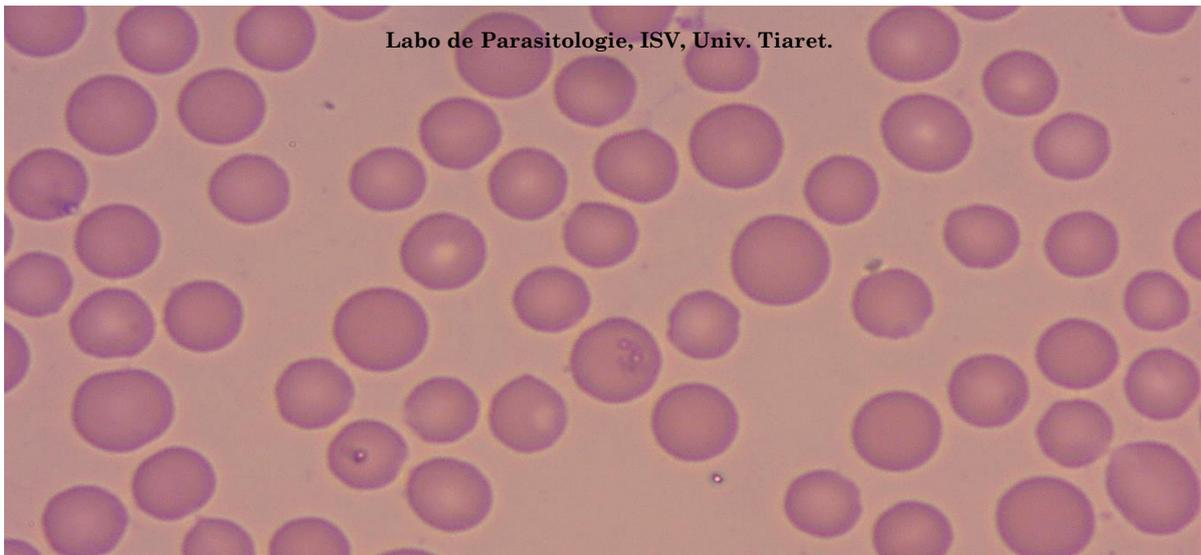
Annexe 5. Éléments à différencier avec *T. annulata* lors de l'examen d'un étalement de sang coloré au Giemsa (Gharbi et al., 2012).

Eléments	Observations
<i>Theileria sergenti</i>	En plus des piroplasmes une voile et une barre
<i>Babesia</i> spp.	Le plus souvent moins nombreuses que les <i>Theileria</i> , elles ont un noyau avec de la chromatine qui a une position marginale et plus étalée sur la face interne du parasite. <i>B. bigemina</i> et <i>B. major</i> sont des piroplasmes de grandes formes (le grand axe du parasite est plus grand que le rayon de l'érythrocyte). Les parasites appartenant au genre <i>Theileria</i> spp. sont tous des piroplasmes de petites formes.
<i>Anaplasma</i> spp.	Au moins 70% des <i>A. marginale</i> ont une position marginale sur les érythrocytes. Ils se présentent sous la forme de morula (la surface des rickettsies est bosselée), chaque érythrocyte peut contenir un, deux ou quatre morulas. <i>Anaplasma</i> centrale est moins fréquente dans les zones de distribution de <i>T. annulata</i> , mais présente la même morphologie avec des rickettsies occupant plus fréquemment une position centrale.
Corps de Jolly (reliquats denoyaux d'érythrocytes)	Ils prennent la coloration de Giemsa mais de manière homogène, et il n'est pas possible noyaux d'érythrocytes) d'identifier un cytoplasme et un noyau. Les corps de Jolly sont toujours de forme ronde.

Annexe 6. Photographie de quelques hémoparasites observés au microscope optique
(Grossissement $\times 1000$) après coloration au MGG.



Photographie d'Anaplasma marginale sur frottis sanguin coloration MGG microscope x1000



Photographie de Babesia bovis sur frottis sanguin coloration MGG microscope x1000