

UNIVERSITÉ MOHAMED V-AGDAL  
FACULTÉ DES SCIENCES



N° d'ordre 2697

**THÈSE DE DOCTORAT**

Présentée Par

***Tarik RAHALI***

Discipline : Biologie

Spécialité : Parasitologie

***Éco-épidémiologie des hémoparasitoses vectorielles  
des ruminants au Maroc***

Soutenue le 08 février 2014 devant le jury composé de :

*Président du jury :*

**Pr. Ahmed YAHYAOUI**

*Professeur de l'enseignement supérieur à la Faculté des  
Sciences de Rabat*

*Examineurs :*

**Pr. Abderrahim SADAK**

*Professeur de l'enseignement supérieur à la Faculté des  
Sciences de Rabat*

**Pr. Abdelkbir RHALEM**

*Professeur de l'enseignement supérieur à l'Institut  
Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat*

**Pr. Hamid SAHIBI**

*Professeur de l'enseignement supérieur à l'Institut  
Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat*

**Pr. Hassan JAZIRI**

*Professeur de l'enseignement supérieur à la Faculté des  
Sciences de Rabat*

**Dr. Mohamed RHAJAOUI**

*Docteur ès-Sciences, Directeur de l'Institut National  
d'Hygiène de Rabat*

## *Dédicaces*

*Ce travail est dédié  
avec tout mon amour et mon respect*

*À*

*mes chers parents,  
qui ont fait de l'éducation de leur huit enfants  
leur raison de vivre et lui ont consacré  
toute leur vie*

*À*

*mes chers frères et sœurs  
qui m'ont soutenu et supporté pendant  
toutes ces années*

*À*

*tous mes enseignants,  
tous mes amis  
et tous ceux qui ont contribué de  
près ou de loin à mon  
éducation*

---

# *Avant-propos*

*Les travaux présentés dans ce mémoire de thèse ont été réalisés au Département de Biologie de la Faculté des Sciences de Rabat sous la direction du Professeur Abderrahim SADAK en collaboration avec le Laboratoire de Parasitologie de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II de Rabat sous la direction des Professeurs Abdelkèbir RHALEM et Hamid SAHIBI. Des formations et des stages, ainsi que certaines analyses ont été assurés grâce à la collaboration avec le Laboratoire de Pathologie et des Maladies Parasitaires de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège (Belgique) avec le Professeur Bertrand LOSSON; le Laboratoire de Santé Animale de l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers (Belgique) avec le Professeur Dirck GYSON et le Laboratoire d'Ecologie et de Biogéographie de l'Université de Louvain la Neuve (Belgique) avec le Professeur George Van IMPPE.*

*À ce titre, je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux :*

***Professeur Abderrarim SADAK***, Profeseur de l'enseignement supérieur à la Faculté des Sciences de Rabat, pour avoir accepté de diriger cette thèse avec beaucoup de professionnalisme et de responsabilité, pour les précieux conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer tout au long de ces années et pour son soutien dans les moments de doute. Que ce travail soit le témoignage de ma reconnaissance et de ma profonde gratitude ;

***Professeur Ahmed YAHYAOUI***, Profeseur de l'enseignement supérieur à la Faculté des Sciences de Rabat, pour m'avoir permis de m'inscrire au sein de son Unité de Recherche et de Formation et de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de cette thèse ;

***Professeurs Abdelkèbir RHALEM et Hamid SAHIBI***, Profeseurs de l'enseignement supérieur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II de Rabat, pour m'avoir accueilli au sein de leur laboratoire, intégré dans leur équipe de recherche, encadré avec beaucoup de professionnalisme et de compétence et d'avoir mis à ma disposition les moyens et le matériel nécessaires pour la réalisation de ce travail, toujours avec beaucoup de générosité, de patience et d'altruisme. Et surtout, pour m'avoir inculqué des valeurs, qui sont les

leurs, à savoir, la passion pour la recherche, l'amour de la science et le partage du savoir.

Que ce travail soit le témoignage de ma reconnaissance et de ma profonde gratitude ;

**Professeur Hassan JAZIRI**, Professeur de l'enseignement supérieur à la Faculté des Sciences de Rabat et **Docteur Mohamed RHAJAOUI**, Directeur de l'Institut National d'Hygiène, pour m'avoir fait l'honneur de juger et d'évaluer ce travail.

Mes sincères remerciements vont également aux :

**Professeurs, Bertrand LOSSON, Will GOFF, Dirk GYSON, Tanguy MARCOTTY et George VAN IMPE**, pour m'avoir donné l'occasion d'effectuer des stages au sein de leurs laboratoires de renommée internationale et de réaliser des analyses et tests hautement sophistiqués ;

**Vétérinaires praticiens** des zones de notre étude, avec une pensée particulière aux **Docteurs ; ABOULMANADIL** (Doukkala), **BENABDELLAH** (Gharb), **HACHAD** (Tadla), pour leur précieuse aide sur le terrain ;

**Compagnons d'étude et amis, Dr Samir BOUCHOTROCH, Dr Sanae Ait HAMOU, Dr Majda LABOUDI et Dr Awatef SAADI**, pour leur contribution et leur soutien ;

**Tous mes amis**, avec une pensée particulière à, **Khalid RHARBAL, Abdeslam ELBAKKARI, Mohamed AITMHAND, Said BOUYA, Mohamed DAMIR, Mohamed JNIEH, Rachid MAAGOUL, Larbi IMOULAS et Abdelwahed TALBI**, pour leur fidélité, leur présence et leur soutien dans les moments difficiles.

Je ne pourrais oublier de remercier chaleureusement :

**Tout le personnel du Département de Parasitologie de l'IAV HASSAN II**, Enseignants, Techniciens, Secrétaires, Chauffeurs, Animalier et Femmes de ménage, pour m'avoir accepté et supporté pendant toutes ces années ;

**Les éleveurs du GHARB, DOUKKALA, TADLA et AL HAOUZ**, pour nous avoir autorisé à utiliser leurs animaux pour le service de la science avec hospitalité et générosité ;

**Les Agents des autorités locales des régions du GHARB, DOUKKALA, TADLA et AL HAOUZ**, pour nous avoir facilité le travail sur le terrain.

# Résumé

Les hémoparasitoses (theilériose, babésiose et anaplasmose) sont des maladies vectorielles graves à impacts économique et médicale considérables sur les élevages. Cette étude a été réalisée au niveau de quatre régions d'élevage au Maroc, elle avait pour objectif d'étudier l'épidémiologie de ces maladies chez les ruminants, l'écologie de leurs vecteurs, les tiques (Acari : Ixodidae), et de proposer une stratégie de contrôle écologique adaptée aux conditions locales.

Un total de 2 420 animaux ; bovins (1 040), ovins (860) et caprins (520), a été examiné au niveau de 96 exploitations. Les techniques cELISA et IFAT ont été utilisées pour la détermination de la séroprévalence des hémoparasitoses et la technique PCR-RFLP pour l'identification des vecteurs. Le test Phi de Cramer ( $\phi_c$ ) a été utilisé pour l'analyse statistique des facteurs de risque d'infection des animaux par les hémoparasites et par les tiques.

Les résultats ont révélé que les trois espèces de ruminants étaient vulnérables aux hémoparasites avec des séroprévalences élevées ; bovins (66,25%), ovins (68,60%) et caprins (52,53%). Quatre espèces d'hémoparasites ont été diagnostiquées chez les bovins ; *Theileria annulata* (35,37%), *Anaplasma marginale* (20,48%) *Babesia bigemina* (13,55%), et *Babesia bovis* (12,01%) ; une espèce chez les ovins et les caprins, *Anaplasma ovis* avec respectivement (68,60%) et (52,53%). Dix espèces de tiques ont été identifiées chez les bovins et quatre chez les ovins et les caprins. Les résultats de l'analyse de l'ADN des tiques ont incriminé trois espèces de tiques dans la transmission des hémoparasites aux ruminants ; *Hyalomma scupense*, *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus* et *Rhipicephalus bursa*.

L'analyse statistique a montré que les facteurs, âge ( $\phi_c = 0,62$ ) et type d'élevage ( $\phi_c = 0,60$ ) ont une influence significative sur l'infection par les hémoparasites, tandis que les facteurs origine ( $\phi_c = 0,46$ ) et sexe ( $\phi_c = 0,29$ ) ont une influence moindre. Le facteur climat ( $\phi_c = 0,06$ ) paraît ne pas avoir d'influence sur l'infection des bovins par les hémoparasites.

Cette étude a montré que les zones d'élevage des ruminants sont massivement touchées par les hémoparasitoses et leur distribution est étroitement liée à celle de leurs vecteurs et que leur statut épidémiologique reste complexe.

**Mots clés : Hémoparasitoses, Theilériose, Babésiose, Anaplasmose, Épidémiologie, Vecteur, Tiques, Écologie, Ruminants, Maroc.**

# Summary

**Hemoparasitic diseases** (theileriosis, babesiosis, and anaplasmosis) are serious vector diseases with significant economic and medical impact in ruminant's herds. The present survey was conducted in four Moroccan breeding regions and aimed to study the epidemiology of these diseases, the ecology of their vectors; ticks (*Acari: Ixodidae*) and to propose an ecological strategy of control adapted to local breeding conditions.

A total of 2,420 animals; cattle (1040), sheep (860) and goats (520), from 96 farms were examined. The serological tests cELISA and IFAT were used to determine the seroprevalence of the diseases and the molecular tests PCR and RFLP were used to identify the main vectors. The statistical test "Phi-Cramer ( $\phi_c$ )" was used to analyse the animal infection risk factors.

Results showed that the three species of ruminants examined were vulnerable to the hemoparasites with high seroprevalences; cattle (66.25%), sheep (68.60%) and goats (52.53%). Four hemoparasite species were diagnosed in cattle; *Theileria annulata* (35.37%), *Anaplasma marginale* (20.48%), *Babesia bigemina* (13.55%), and *Babesia bovis* (12.01%), one species in sheep and goats; *Anaplasma ovis* with respectively (68.60%) and (52.53%). Ten tick species have been identified in cattle and four in sheep and goats. The results of the ticks DNA analysis have revealed the vector role of three tick species; *Hyalomma scupense*, *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus* and *Rhipicephalus bursa*.

The statistical analysis showed that factors on infection by hemoparasite, age factors ( $\phi_c = 0.62$ ) and type of farming ( $\phi_c = 0.60$ ) have a great influence, while the factors origin ( $\phi_c = 0.46$ ) and sex ( $\phi_c = 0.29$ ) have a lesser influence. The climate ( $\phi_c = 0.06$ ) factor seems not have any influence on the infection of cattle by the hemoparasite.

The present survey showed that the ruminant livestock areas are heavily affected by the hemoparasitic diseases and their distribution is closely linked to their main vectors withing complex epidemiological status remains.

**Key words:** Hemoparasitic diseases, Theileriosis, Babesiosis, Anaplasmosis, Epidemiology, Vector, Ticks, Ecology, Ruminants, Morocco.

# *Production scientifique*

## *Publications dans des revues internationales*

- 1) **Rahali T., Rhalem A., Sadak A., Ait Hamou S., Losson B., Madder M. & Sahibi H.** Seasonal abundance of ticks (Acari/ Ixodidae) infesting bovines in four irrigated regions in Morocco. *Experimental and Applied Acarology* (accépté)
- 2) **Rahali T., Sahibi H., Sadak A., Ait Hamou S., Losson B., Goff W. & Rhalem A.** Etude de la séroprévalence et des facteurs de risque des hémoparasitoses vectorielles (theilériose, babésiose et anaplasmose) chez les bovins dans quatre principales régions d'élevage du Maroc. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* (accepté)
- 3) **Rahali T., Sahibi H., Sadak A., Ait Hamou S., Losson B., Goff W., Mbao V. & Rhalem A.,** Seroprevalence of tropical theileriosis (*Theileria annulata*) and prevalence of ticks (Acari: Ixodidae) in two diary cattle areas in Morocco. *Research in Veterinary Science* (accepté)
- 4) **Ait 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: 1318-1323.
- 5) **Ait Hamou S., Rahali T., Sahibi H., Belghyti D., Losson B. & Rhalem A. (2012).** Séroprévalences des hémoparasitoses bovines dans deux régions irriguées du Maroc. *Revue Méd. Vét.*, 163 (10) : 480-485.
- 6) **Ait Hamou S., Rahali T., Sahibi H., Belghyti D. & Rhalem A. (2012).** Séroprévalence de *Theileria annulata* chez les bovins dans les régions du Gharb, Saïs et Moyen Atlas du Maroc. *World Journal of Biological Research*, OO5: 1.
- 7) **Ait Hamou S., Rahali T., Sahibi H., Belghyti D., Laboudi M. & Rhalem A. (2012).** Séroprévalences de *Babesia bovis* et de *Babesia bigemina* chez les bovins au Nord Centre du Maroc. *ScienceLib Editions Mersenne*, (2011) Volume 3, N ° 111103, ISSN 2111-4706.

## *Publications dans des revues nationales*

- 1) **Rahali T., Sahibi H. & Rhalem, A. (2007).** Les hémoparasitoses bovines dans les périmètres irrigués au Maroc : prévalences et moyens de prévention. *Elevage bovin*, 9 : 16-18.
- 2) **Sahibi, H., Rhalem, A., El Allam, H. & Rahali, T. (2008).** Mouches nuisibles aux bovins: Cas des stomoxes et des hypodermes. *L'espace Vétérinaire*, 79: 6-7.

## *Communications orales*

- 1) **Rahali T., Sahibi H., Rhalem A., Sadak A., Losson B. & Van Impe, G. (2007).** Eco épidémiologie des hémoparasitoses Bovines dans la région centre-Nord du Maroc.

25ème Congrès des Vétérinaires Maghrébins. 4-6 Mai 2007. Rabat.

- 2) **Rahali T., Sahibi H., Rhalem A. Losson B., Van Impe, G. & Ait Hamou S. (2007).** Ecology and dynamic of ticks (*Acari: Ixodidae*) infesting bovine in Morocco. Premier colloque International d'Acarologie et d'Entomologie médicales (CIAEM). Rabat le 2 - 4 Nov 2007.
- 3) **Sahibi H., Rahali T., Sadak A. & Rhalem A. 2007.** Distribution géographique des populations des tiques au Maroc. Premier colloque International d'Acarologie et d'Entomologie médicales (CIAEM). Rabat le 2 - 4 Nov 2007.
- 4) **Rahali T., Hamza M. & Belghiti D. (2005).** Procédés de traitements physicochimiques des eaux usées. Premier séminaire de Formation Continue « Eaux usées : Risques sanitaires traitement et réutilisation » 30 Juin 2005. Kénitra. Maroc

### *Communications affichées*

- 1) **Rahali T., Sahibi H., Losson B., Vanimpe G. & Rhalem A. (2006).** Ticks ecology and bovine hémoparasites in the North Center of Morocco: longitudinal study. *The 11th Annual Congress of Parasitology (ICOPA XI)* A2.107.6 -11 August 2006. Glasgow, Scotland, UK.
- 2) **Rhalem A., Sahibi H., Aithamou S., Rahali T. Vanimpe, G. Jirari L., Goff W. & Losson B. (2007).** Epidemiological study of bovine anaplasmosis: seroprevalence and associated ticks in North Center of Morocco. *World Association for the Advancement Veterinarian of Parasitology WAAVP 2007 Conference. GENT Belgium 19-23 August 2007.*
- 3) **Sahibi H., Rhalem A., Aithamou S., Rahali T., Vanimpe G., Jirari L., Goff W. & Losson B. (2007)** . Prevalence of bovine theileriosis and babesiosis in irrigated areas in Morocco. *World Association for the Advancement of Veterinarian Parasitology WAAVP 2007 Conference. GENT Belgium 19-23 August 2007.*
- 4) **Sahibi H., Rahali T., Losson B., Vanimpe G. & Rhalem A. (2006).** Ticks and tick-borne diseases of dairy cows in irrigated areas in Morocco: epidemiological studies and managements factors associated with the high prevalence. . *The 11th Annual Congress of Parasitology (ICOPA XI)* B4.82 6 -11 August 2006. Glasgow.
- 5) **Jirari L., Rahali T., Sahibi H. Baouab R.E. & Rhalem A. (2007).** Etude des facteurs de risque de transmission de l'anaplasmosse bovine au Maroc. *Premier colloque International d'Acarologie et d'Entomologie médicales (CIAEM)* .Rabat le 2 - 4 Nov 2007.

### *Film documentaire*

Participation à la réalisation d'un film documentaire sur les tiques et les maladies transmises par les tiques au bétail au Maroc « *Les tiques attaquent* » produit par l'Université de Liège. Ce film est disponible sur le Web et a été diffusé sur plusieurs chaînes thématiques internationales (Arte, La 5, TV5, RTBF)

[http://www.ulg.ac.be/cms/c\\_566151/fr/les-tiques-attaquent](http://www.ulg.ac.be/cms/c_566151/fr/les-tiques-attaquent)

# Sommaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
<b>PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>CHAPITRE I : ÉPIDÉMIOLOGIE DES HÉMOPARASITOSE DES RUMINANTS.....</b>	<b>6</b>
<b>I-1. GÉNÉRALITÉS.....</b>	<b>6</b>
<b>I-2. HÉMOPARASITOSE DES BOVINS.....</b>	<b>6</b>
I-2-1. Babésiose .....	6
I-2-1-1. Définition.....	6
I-2-1-2. Importance.....	7
I-2-1-3. Étiologie.....	7
I-2-1-4. Étude du parasite.....	7
I-2-1-4-1. Systématique.....	7
I-2-1-4-2. Caractéristiques morphologiques.....	8
I-2-1-4-3. Cycle évolutif de <i>Babesia</i> spp.....	9
I-2-1-5. Épidémiologie des babésioses bovines.....	10
I-2-1-5- 1. Facteurs de réceptivité pour <i>Babesia</i> spp chez les bovins.....	10
I-2-1-5- 2. Vecteurs.....	11
I-2-1-5- 3. Mode de transmission.....	11
I-2-1-6. Pathogénie.....	12
I-2-2. Theilériose .....	12
I-2-2-1. Définition.....	12
I-2-2-2. Importance.....	13
I-2-2-3. Étiologie.....	13
I-2-2-4. Étude du parasite.....	13
I-2-2-4-1. Systématique.....	13
I-2-2-4-2. Caractéristiques morphologiques.....	14
I-2-2-4-3. Cycle évolutif.....	15
I-2-2-5. Épidémiologie.....	15
I-2-2-5-1. Facteurs de réceptivité.....	15
I-2-2-5-2. Vecteur.....	16
I-2-2-5-3. Mode de transmission.....	16
I-2-2-6. Pathogénie.....	16
I-2-3. Anaplasmose .....	17
I-2-3-1. Définition.....	17
I-2-3-2. Importance.....	17
I-2-3-3. Étiologie.....	17
I-2-3-4. Étude du parasite.....	17
I-2-3-4-1. Systématique.....	18
I-2-3-4-2. Caractéristiques morphologiques.....	18
I-2-3-4-3. Cycle évolutif.....	19
I-2-3-5. Épidémiologie.....	20
I-2-3-5-1. Facteurs de réceptivité.....	20
I-2-3-5-2. Vecteur.....	20
I-2-3-5-3. Mode de transmission.....	21
I-2-3-6. Pathogénie.....	21
<b>I-3. HÉMOPARASITOSE DES PETITS RUMINANTS.....</b>	<b>21</b>
I-3-1. Anaplasmose .....	21
I-3-1-1. Définition.....	21
I-3-1-2. Importance.....	22
I-3-1-3. Étiologie.....	22
I-3-1-4. Étude du parasite.....	22
I-3-1-4-1. Systématique.....	22

I-3-1-4-2. Caractéristiques morphologiques.....	22
I-3-1-4-3. Cycle évolutif.....	23
I-3-1-5. Épidémiologie.....	23
I-3-1-5-1. Facteurs de réceptivité.....	23
I-3-1-5-2. Vecteur.....	23
I-3-1-5-3. Mode de transmission.....	23
I-3-1-6. Pathogénie.....	23
I. Babésiose.....	24
I-3-2-1. Définition.....	24
I-3-2-2. Importance.....	24
I-3-2-3. Étiologie.....	24
I-3-2-4. Étude du parasite.....	24
I-3-2-4-1. Systématique.....	24
I-3-2-4-2. Caractéristiques morphologiques.....	25
I-3-2-4-3. Cycle évolutif.....	25
I-3-2-5. Épidémiologie.....	26
I-3-2-5-1. Facteurs de réceptivité.....	26
I-3-2-5-2. Vecteur.....	26
I-3-2-5-3. Mode de transmission.....	26
I-3-2-6. Pathogénie.....	27
I-3-3. Theilériose.....	27
I-3-3-1. Définition.....	27
I-3-3-2. Importance.....	27
I-3-3-3. Étiologie.....	27
I-3-3-4. Étude du parasite.....	28
I-3-3-4-1. Cycle évolutif.....	28
I-3-3-5. Épidémiologie.....	28
I-3-3-5-1. Facteurs de réceptivité.....	28
I-3-3-5-2. Vecteur.....	28
I-3-3-5-3. Mode de transmission.....	28
I-3-3-6. Pathogénie.....	28
<b>CHAPITRE II : ÉCOLOGIE DU VECTEUR.....</b>	<b>29</b>
<b>II-1. GÉNÉRALITÉS.....</b>	<b>29</b>
<b>II-2. LES TIQUES.....</b>	<b>29</b>
II-2-1. Définition.....	29
II-2-2. Taxonomie.....	30
II-2-3. Caractères morphologiques.....	31
II-2-4. Importance.....	32
<b>II-3. BIOLOGIE DES TIQUES.....</b>	<b>33</b>
II-3-1. Particularités biologiques.....	33
II-3-2. Cycle biologique.....	34
II-3-3. Cycle évolutif.....	35
II-3-4. Affinité à l'hôte.....	36
<b>II-4. ÉCOLOGIE DES TIQUES.....</b>	<b>36</b>
II-4-1. Écosystème des tiques.....	37
II-4-1-1. Phytocénose.....	37
II-4-1-2. Zoocénose.....	37
II-4-2. Facteurs écologiques agissant sur les tiques.....	38
II-4-2-1. Facteurs agissant d'une façon directe.....	38
II-4-2-1-1. Température et humidité.....	38
II-4-2-1-2. Couvert végétal.....	38
II-4-2-1-3. Photo-périodicité.....	38
II-4-2-2. Facteurs agissant d'une manière indirecte.....	38
II-4-2-2-1. Agriculture.....	39
II-4-2-2-2. Sylviculture.....	39
II-4-2-2-3. Aménagement du territoire.....	39

II-4-2-2-4. Chasse .....	39
II-4-2-3. Facteurs naturels.....	39
<b>II-5. EFFET PATHOGÈNE DES TIQUES.....</b>	<b>39</b>
II-5-1. Effet pathogène direct.....	40
II-5-1-1. Lésions de la fixation et leurs complications.....	40
II-5-1-2. Toxicoses.....	40
II-5-1-3. Paralysie.....	40
II-5-1-4. Dyshidrose.....	41
II-5-2. Effet pathogène indirect.....	41
II-5-2-1. Transmission des agents pathogènes.....	41
II-5-2-2. Transmission des hémoparasitoses.....	41
II-5-2-2-1. Transmission de la theileriose bovine.....	41
II-5-2-2-2. Transmission de la babésiose bovine.....	42
II-5-2-2-3. Transmission des infections bactériennes.....	42
II-5-2-2-4. Transmission des arbovirus.....	42
<b>II-6. TIQUES INFESTANT LES RUMINANTS AU MAROC.....</b>	<b>43</b>
II-6-1. Genre <i>Hyalomma</i> .....	43
II-6-1. Genre <i>Rhipicephalus</i> .....	44
II-6-1. Genre <i>Ixodes</i> .....	46
II-6-1. Genre <i>Haemaphysalis</i> .....	46
II-6-1. Genre <i>Dermacentor</i> .....	46
 <b>CHAPITRE III : MÉTHODES DE DIAGNOSTIC DES HÉMOPARASITOSE DES RUMINANTS</b>	<b>47</b>
<b>III-1. GÉNÉRALITÉS.....</b>	<b>47</b>
<b>III-2. MÉTHODES DE DIAGNOSTIC INDIRECT.....</b>	<b>47</b>
III-2-1. Tests ELISA.....	47
III-2-1-1. ELISA indirect.....	48
III-2-1-2. cELISA ou ELISA par compétition.....	48
III-2-1-3. Dot-Immunobinding Assay (DIA).....	49
III-2-1-4. ELISA à immunofluorescence.....	49
III-2-2. Réactions de précipitation et d'agglutination.....	49
III-2-2-1. Réaction de précipitation.....	49
III-2-2-2. Réaction d'agglutination.....	49
III-2-3. Réaction de fixation du complément.....	50
III-2-4. Réaction d'immunofluorescence.....	50
III-2-5. Avantages et inconvénients des méthodes de diagnostic indirect.....	50
<b>III-3. MÉTHODES DE DIAGNOSTIC DIRECT.....</b>	<b>51</b>
III-3-1. Diagnostic par inoculation.....	51
III-3-2. Diagnostic par microscopie.....	51
III-3-3. Diagnostic par les protéines.....	51
III-3-4. Electrophorèse des protéines.....	51
III-3-5. Réaction de polymérisation en chaîne (PCR) et ses variantes.....	52
 <b>CHAPITRE IV: CONTROLE DES HÉMOPARASITOSE DES RUMINANTS ET LEURS VECTEURS.....</b>	<b>53</b>
<b>IV-1. GÉNÉRALITÉS.....</b>	<b>53</b>
<b>IV-2. CONTROLE DES TIQUES DES RUMINANTS.....</b>	<b>53</b>
IV-2-1. Contrôle externe.....	53
IV-2-1-1. Lutte chimique.....	53
IV-2-1-1-1. Sur l'hôte.....	53
IV-2-1-1-2. Sur le biotope.....	54
IV-2-1-2. Lutte génétique.....	54
IV-2-1-3. Lutte biologique.....	54
IV-2-1-4. Lutte mécanique.....	54
IV-2-1-5. Lutte agronomique.....	54
IV-2-1-5-1. Déboisements.....	54

IV-2-1-5-2. Mise en culture.....	55
IV-2-1-5-3. Plantes répulsives et plantes pièges.....	55
IV-2-1-6. Lutte zootechnique et immunitaire.....	55
IV-2-2. Contrôle immunologique.....	55
<b>IV-3. CONTROLE DES HÉMOPARASITOSES DES RUMINANTS.....</b>	<b>56</b>
IV-3-1. Babésiose.....	56
IV-3-1-1. Traitement de la babésiose.....	56
IV-3-1-2. Traitement symptomatique.....	57
IV-3-2. Theilériose.....	57
IV-3-3. Anaplasmosse.....	57
<b>IV-4. MÉTHODES PROPHYLACTIQUES.....</b>	<b>57</b>
IV-4-1. Chimio prophylaxie.....	57
IV-4-1-1. Chimio prophylaxie de la babésiose.....	57
IV-4-1-2. Chimio prophylaxie de la theilériose.....	58
IV-4-1-3. Chimio prophylaxie de l'anaplasmosse.....	58
IV-4-2. Immunisation.....	58
IV-4-2-1. Immunisation contre les babésioses.....	58
IV-4-2-1-1. Prémunition par souches atténuées.....	58
IV-4-2-1-2. Prémunition par des souches non atténuées.....	59
IV-4-2-1-3. Prémunition par souches irradiées.....	59
IV-4-2-1-4. Immunisation par Blastokinètes.....	59
IV-4-2-1-5. Immunisation par antigènes recombinants.....	59

## ***PARTIE II : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE***

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>62</b>
<b><i>CHAPITRE I : RÉGIONS D'ÉTUDE ET MATÉRIEL ET MÉTHODES.....</i></b>	<b>63</b>
<b>I. RÉGIONS D'ÉTUDE.....</b>	<b>63</b>
<b>I-1. Monographie des régions de l'étude.....</b>	<b>63</b>
I-1-1. Gharb-Chrarda-Bni Hssen.....	63
I-1-2. Doukkala-Abda.....	64
I-1-3. Tadla-Azilal.....	65
I-1-4. Marrakech-Tensift-El Haouz.....	65
<b>II. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....</b>	<b>67</b>
<b>II-1. Travaux réalisés sur le terrain.....</b>	<b>67</b>
II-2-1. Collecte des échantillons sanguins.....	67
II-2-2. Collecte des tiques.....	67
II-2-2-1. Sur les animaux.....	67
II-2-2-2. Sur les pâtures.....	68
II-2-2-3. Dans les étables.....	68
II-2-3. Collecte des plantes associées aux tiques.....	68
<b>II-2. Travaux réalisés au laboratoire.....</b>	<b>69</b>
II-2-1. Diagnostic sérologique des hémoparasites chez les ruminants.....	69
II-3-1-1. cELISA.....	69
II-3-1-1-1. Diagnostic de <i>A. marginale</i> et <i>A. ovis</i> .....	69
II-3-1-1-2. Diagnostic de <i>B. bovis</i> .....	70
II-3-1-2. Immunofluorescence indirecte.....	71
II-3-1-2-1. Diagnostic de <i>B. bigemina</i> .....	71
II-3-1-2-2. Diagnostic de <i>T. annulata</i> .....	72
II-2-2. Identification des tiques.....	73
II-2-3. Diagnostic par la PCR des hémoparasites chez les tiques.....	74
II-3-3-1. Préparation des tiques.....	74
II-3-3-2. Extraction de l'ADN.....	74
II-3-3-3. Analyse des tiques par la PCR.....	74
II-3-3-3-1. Diagnostic d' <i>Anaplasma</i> spp.....	74

II-3-3-2. Diagnostic de <i>B. bovis</i> et de <i>B. bigemina</i> .....	75
II-3-3-3. Diagnostic de <i>T. annulata</i> .....	77
<b>II-3. Enquête auprès des vétérinaires</b> .....	<b>78</b>
<b>II-4. Analyse statistique</b> .....	<b>79</b>
<b>CHAPITRE II : RÉSULTATS ET DISCUSSION</b> .....	<b>80</b>
<b>I. RÉSULTATS</b> .....	<b>80</b>
<b>I-1. Séroprévalences des hémoparasitoses</b> .....	<b>80</b>
I-1-1. Bovins.....	80
I-1-2. Ovins.....	82
I-1-3. Caprins.....	82
<b>I-2. Identification des tiques</b> .....	<b>83</b>
I-2-1. Bovins.....	83
I-2-2. Ovins.....	85
I-2-3. Caprins.....	86
I-2-4. Pâtures.....	87
<b>I-3. Épidémiologie des tiques</b> .....	<b>88</b>
I-3-1. Dynamique saisonnière .....	88
I-3-2. Cycle nyctéméral des vecteurs.....	90
I-3-2-1. <i>H. scupense</i> .....	90
I-3-2-2. <i>R. bursa</i> .....	91
I-3-2-3. <i>R. (boophilus) annulatus</i> .....	91
I-3-3. Relation tiques-couvert végétal.....	92
I-3-3-1. Relation entre <i>R. sanguineus</i> et plantes associées.....	93
I-3-3-1-1. Période d'activité de <i>R. sanguineus</i> .....	93
I-3-3-1-2. Périodes de croissance des plantes associées.....	93
I-3-3-1-3. Coïncidence temporelle.....	94
I-3-3-2. Relation entre <i>R. bursa</i> et plantes associées.....	95
I-3-3-2-1. Période d'activité de <i>Rh.bursa</i> .....	95
I-3-3-2-2. Périodes de croissance des plantes associées.....	95
I-3-3-2-3. Coïncidence temporelle.....	96
I-3-3-2. Relation entre <i>R. turanicus</i> et plantes associées.....	96
I-3-3-2-1. Période d'activité de <i>Rh.turanicus</i> .....	96
I-3-3-2-2. Périodes de croissance des plantes associées.....	97
I-3-3-2-3. Coïncidence temporelle.....	98
I-3-3-2. Relation entre <i>H. marginatum</i> et plantes associées.....	99
I-3-3-2-1. Période d'activité de <i>H. marginatum</i> .....	99
I-3-3-2-2. Périodes de croissance des plantes associées.....	99
I-3-3-2-3. Coïncidence temporelle.....	100
I-3-3-2. Relation entre <i>H. excavatum</i> et plantes associées.....	101
I-3-3-2-1. Période d'activité de <i>H. excavatum</i> .....	101
I-3-3-2-2. Périodes de croissance des plantes associées.....	101
I-3-3-2-3. Coïncidence temporelle.....	101
<b>I-4. Détection par PCR-RFLP des hémoparasites chez les tiques</b> .....	<b>101</b>
I-4-1. Détection d' <i>Anaplasma marginale</i> .....	102
I-4-2. Détection de <i>B. bovis</i> et <i>B. bigemina</i> .....	102
I-4-3. Détection de <i>T. annulata</i> .....	103
<b>I-5. Taux de contamination des exploitations</b> .....	<b>104</b>
I-5-1. Taux de contamination par les Hémoparasitoses.....	104
I-5-2. Taux d'infestation par les Tiques .....	104
<b>I-6. Répartition géographique des hémoparasitoses bovines</b> .....	<b>105</b>
I-6-1. Babésiose.....	106
I-6-2. Theilériose .....	107
I-6-3. Anaplasmose .....	108
<b>I-7. Analyse statistique des facteurs de risque</b> .....	<b>108</b>
I-7-1. Facteurs de risque de contamination des bovins par les hémoparasites.....	108
I-7-2. Facteurs de risque d'infestation des bovins par les tiques.....	109

II. DISCUSSION.....	110
<i>CHAPITRE III : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS</i> .....	121
I. CONCLUSION.....	121
II. RECOMMANDATIONS.....	123
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	125

## *Annexes*

<i>Annexe I</i> .....	135
<b>Tableau 1</b> : Nombre de bovins sérologiquement positifs aux hémoparasites.....	135
<b>Tableau 2</b> : Nombre de bovins sérologiquement positifs aux hémoparasites selon la région.....	135
<b>Tableau 3</b> : Nombre d'ovins sérologiquement positifs à <i>Anaplasma</i> selon la région.....	135
<b>Tableau 4</b> : Nombre de caprins sérologiquement positifs à <i>Anaplasma</i> selon la région.....	136
<i>Annexe II</i> .....	137
<b>Tableau 1</b> : Nombre et type d'exploitations contaminées par les hémoparasitoses selon la région.....	137
<b>Tableau 2</b> : Nombre et type d'exploitations infestées par les tiques selon la région.....	137
<i>Annexe III</i> .....	138
<b>Tableau 1</b> : Importance relative de toutes les espèces de tiques collectées sur les des bovins.....	138
<b>Tableau 2</b> : Nombre de tiques collectées sur les bovins selon la région.....	139
<b>Tableau 3</b> : Importance relative de toutes les espèces de tiques collectées sur les ovins.....	140
<b>Tableau 4</b> : Nombre de tiques collectées sur les ovins selon la région.....	140
<b>Tableau 5</b> : Importance relative de toutes les espèces de tiques collectées sur les caprins.....	140
<b>Tableau 6</b> : Nombre de tiques collectée sur les caprins selon la région.....	141

# *Liste des abréviations*

- A.** : *Anaplasma*
- AND** : *Acide désoxyribonucléique*
- B.** : *Babesia*
- cELISA** : *competitive Enzyme Linked Immunosorbant Assay*
- ELISA** : *Enzyme Linked Immunosorbant Assay*
- H.** : *Hyalomma*
- IFAT** : *Immunofluorescence Antibody Test*
- T.** : *Theileria*
- pb** : *Paires de base*
- PCR** : *Polymerase Chain Reaction*
- RFLP** : *Restriction fragment lenght polymorphism*
- R.** : *Rhipicephalus*
-

# Liste des figures

<b>Figure 1 :</b>	Cas de babésiose chez les bovins au Maroc .....	7
<b>Figure 2 :</b>	Photos des différents types de <i>Babesia</i> chez les bovins.....	9
<b>Figure 3 :</b>	Cycle évolutif de <i>Babesia spp</i> .....	10
<b>Figure 4 :</b>	<i>Theileria annulata</i> chez le bovin.....	14
<b>Figure 5 :</b>	Cas de theilériose chez le bovin au Maroc.....	14
<b>Figure 6 :</b>	Cycle évolutif de <i>Theileria annulata</i> .....	15
<b>Figure 7 :</b>	<i>Anaplasma marginale</i> dans des globules rouges bovins.....	18
<b>Figure 8 :</b>	Cas d'anaplasmose bovine au Maroc.....	19
<b>Figure 9 :</b>	Cycle évolutif de <i>Anaplasma marginale</i> .....	20
<b>Figure 10 :</b>	<i>Anaplasma ovis</i> dans des hématies d'ovins.....	22
<b>Figure 11 :</b>	<i>Babesia ovis</i> dans des hématies d'ovins.....	25
<b>Figure 12 :</b>	Photos des deux principales familles des tiques.....	30
<b>Figure 13 :</b>	Schémas d'une tique dure .....	31
<b>Figure 14 :</b>	Cycle biologique d'une tique dure .....	34
<b>Figure 15 :</b>	Cycle évolutif général d'une tique dure .....	35
<b>Figure 16 :</b>	Situation géographique des régions concernées par l'étude.....	63
<b>Figure 17 :</b>	Sites de l'étude de la région du Gharb-Chrarda- Bni Hssen.....	66
<b>Figure 18 :</b>	Sites de l'étude de la région de Doukkala-Abda.....	66
<b>Figure 19 :</b>	Sites de l'étude au niveau de la région de Tadla-Azilal.....	66
<b>Figure 20 :</b>	Sites de l'étude de la région de Marrakech-Tensift-El Haouz.....	66
<b>Figure 21 :</b>	Zones de prédilection des tiques sur les bovins.....	67
<b>Figure 22 :</b>	Méthode de collecte des tiques par drapeau .....	68
<b>Figure 23 :</b>	Séroprévalence globale des Hémoparasites chez les bovins.....	81
<b>Figure 24 :</b>	Séroprévalence des quatre hémoparasitoses des bovins selon la région.....	81
<b>Figure 25 :</b>	Séroprévalence de <i>Anaplasma ovis</i> Chez les ovins selon la région.....	82
<b>Figure 26 :</b>	Séroprévalence de <i>Anaplasma ovis</i> Chez les caprins selon la région.....	82
<b>Figure 27 :</b>	Importance relative globale des espèces de tiques collectées sur les bovins.....	83
<b>Figure 28 :</b>	Photos des différentes espèces de tiques rencontrées.....	84
<b>Figure 29 :</b>	Importance relative des espèces de tiques collectées sur les ovins .....	85
<b>Figure 30 :</b>	Importance relative des tiques collectées sur les ovins selon la région.....	86
<b>Figure 31 :</b>	Importance relative des tiques collectées sur les caprins .....	86
<b>Figure 32 :</b>	Importance relative des tiques collectées sur les caprins selon la région.....	87
<b>Figure 33 :</b>	Activité saisonnière des tiques du genre <i>Hyalomma</i> .....	89
<b>Figure 34 :</b>	Activité saisonnière des tiques du genre <i>Rhipicephalus</i> .....	89
<b>Figure 35 :</b>	Activité saisonnière des tiques du <i>Rhipicephalus (Boophilus)</i> .....	90
<b>Figure 36 :</b>	Cycle nyctéméral de <i>Hyalomma scupense</i> .....	91
<b>Figure 37 :</b>	Cycle nyctéméral de <i>Rhipicephalu bursa</i> .....	92
<b>Figure 38 :</b>	Cycle nyctéméral de <i>Rhipicephalus (Boophilus) annulatus</i> .....	92
<b>Figure 39 :</b>	Plantes associées à <i>R. sanguineus</i> .....	94
<b>Figure 40 :</b>	Coïncidence temporelle <i>Rhipicephalus sanguineus</i> et des plantes associées.....	94
<b>Figure 41 :</b>	Plantes associées à <i>R. bursa</i> .....	96
<b>Figure 42 :</b>	Coïncidence temporelle de <i>Rhipicephalus bursa</i> et des plantes associées.....	96
<b>Figure 43 :</b>	Plantes associées à <i>R. turanicus</i> .....	98
<b>Figure 44 :</b>	Coïncidence temporelle de <i>Rhipicephalus turanicus</i> et des plantes associées.....	98

<b>Figure 45 :</b>	Plantes associées à <i>Hyalomma marginatum</i> .....	<b>100</b>
<b>Figure 46 :</b>	Coïncidence temporelle de <i>Hyalomma marginatum</i> et des plantes associées.....	<b>100</b>
<b>Figure 47 :</b>	Coïncidence temporelle <i>Hyalomma excavatum</i> et des plantes associées.....	<b>101</b>
<b>Figure 48 :</b>	Gels d'agarose mettant en évidence <i>Anaplasma</i> chez les tiques des bovins.....	<b>102</b>
<b>Figure 49 :</b>	Gels d'agarose mettant en évidence <i>Babesia</i> sp chez les tiques des bovins .....	<b>102</b>
<b>Figure 50 :</b>	Gel d'acrylamide mettant en évidence <i>B. bovis</i> et <i>B. bigemina</i> .....	<b>103</b>
<b>Figure 51 :</b>	Gels d'agarose mettant en évidence <i>Theileria</i> sp dans les tiques des bovins.....	<b>103</b>
<b>Figure 52 :</b>	Gel d'acrylamide mettant en évidence <i>Theileria annulata</i> .....	<b>104</b>
<b>Figure 53 :</b>	Taux de contamination des exploitations selon le type et la région.....	<b>105</b>
<b>Figure 54 :</b>	Taux d'infestation des exploitations selon le type et la région.....	<b>105</b>
<b>Figure 55 :</b>	Distribution géographique de la babésiose .....	<b>106</b>
<b>Figure 56 :</b>	Distribution géographique de la theillériose .....	<b>107</b>
<b>Figure 57 :</b>	Distribution géographique de l'anaplasmose .....	<b>108</b>

## *Liste des Tableaux*

<b>Tableau 1</b>	Séquences des amorces utilisées pour le diagnostic de <i>Babesia</i> sp par la nsPCR	<b>75</b>
<b>Tableau 2</b>	Longueurs attendues des fragments d'ADN après restriction par l'enzyme BsdI.	<b>77</b>
<b>Tableau 3</b>	Séquences des amorces utilisées pour le diagnostic de <i>T. annulata</i> par PCR.....	<b>78</b>
<b>Tableau 4</b>	Longueurs attendues des fragments d'ADN après restriction par l'enzyme MspI.	<b>78</b>
<b>Tableau 5</b>	Tiques collectées par la technique du drapeau ( <i>Draping</i> ).....	<b>87</b>
<b>Tableau 6</b>	Facteurs de risque de contamination des bovins par les hémoparasites.....	<b>109</b>
<b>Tableau 7</b>	Facteurs de risque d'infestation des bovins par les tiques.....	<b>109</b>

# *Introduction générale*

---

## **Introduction générale**

Au Maroc, l'élevage des ruminants revêt une importance capitale dans l'activité économique rurale. Sa part dans le Produit Intérieur Brut (PIB) agricole est actuellement estimée à 30 %, soit 4,7 % du PIB global, et le patrimoine animal du cheptel exploité est estimé à 25,8 millions de têtes (02,8 millions de bovins, 17,5 millions d'ovins et 05,5 millions de caprins, d'après le Ministère marocain de l'agriculture et de la pêche maritime (2012). De ce fait, l'élevage des ruminants est considéré comme l'un des piliers du développement agricole en raison de ses rôles polyvalents tant sur le plan économique, social et nutritionnel, que sur le plan de sa contribution à la promotion de l'activité économique en milieu rural et l'approvisionnement des industries agro-alimentaires et de l'artisanat en matières premières.

Cependant, cet élevage est confronté à un sérieux problème qui limite son rendement et freine son développement. Il s'agit du problème des maladies hémoparasitaires, appelées communément hémoparasitoses, causées par des parasites (Protozoaires et Rickettsies) qui attaquent les systèmes sanguins et lymphatiques des animaux et causent des dégâts considérables, par la morbidité et la mortalité qu'ils occasionnent dans les cheptels. Ces parasites sont transmis aux animaux par des vecteurs, d'où l'appellation ; hémoparasitoses vectorielles. Les tiques de la famille des Ixodidés sont les principaux vecteurs des hémoparasites chez les ruminants au Maroc et dans plusieurs parties du monde. Plusieurs études ont démontré que les tiques des ruminants représentent l'une des contraintes majeures au développement de l'élevage en Afrique (Tatchell et *al.*, 1986 ; Mourad et Balde, 1993 ; Ogden et *al.*, 2004). Les travaux réalisés sur les parasitoses externes ont permis de constater l'existence des tiques dans toutes les régions du Maroc, car le climat et la végétation y sont propices à leur développement (Morel, 1958 ; Ouhelli et Pandey, 1980 ; Sahibi et *al.*, 1998a ; 1998b et Lafia, 1982).

Le problème des hémoparasitoses vectorielles est apparu dans notre pays juste après l'introduction de races animales étrangères ; en effet, après l'indépendance, le gouvernement marocain, dans un souci d'assurer un apport en protéines animales à une population galopante, avait entrepris une politique d'importation de races génétiquement performantes dans le but d'améliorer le potentiel génétique du cheptel national. Ainsi, des centaines de milliers de têtes de bovins, ovins et caprins ont été importées d'Europe, des Etats Unis d'Amérique et d'autres régions du monde. Ces animaux importés étaient dépourvus de toute immunité contre les parasites locaux et succombaient rapidement aux infections.

*D'*autres facteurs ont aggravé la situation épidémiologique de ces maladies dans notre pays, parmi eux l'existence d'un nombre impressionnant d'espèces de tiques. En effet, le Maroc, en raison de sa grande diversité géographique, climatique et écologique, héberge 28 espèces de tiques dont 14 appartenant à six genres de la famille des Ixodidés infestent les ruminants (Bailly-Choumara et Morel, 1974) et dont plusieurs sont des vecteurs potentiels pour les hémoparasites. S'ajoute à cela, le type d'élevage qui est dans sa grande majorité de type extensif facilitant l'exposition des animaux aux infestations par les tiques, l'hétérogénéité des élevages, le mouvement non contrôlé des animaux et le niveau intellectuel des éleveurs très limité pour assimiler la problématique et participer à une stratégie de lutte intégrée et adaptée aux conditions locales. En absence au niveau national, de programme d'étude et de lutte, ces facteurs représentent l'obstacle majeur à l'extension et l'amélioration de l'élevage des ruminants au Maroc.

*Les* relations existant entre ces vecteurs, les agents transmis et leur hôte définitif, ainsi que les relations de chacun de ces maillons avec l'environnement, font que les études épidémiologiques des maladies ainsi transmises passent inéluctablement par une étude des populations des tiques dans les conditions naturelles ; en plus et selon Young (1988), la surveillance de la population vectrice vient avant la connaissance de l'incidence et de la prévalence des infections chez les ruminants. D'autre part, les populations de tiques sont étroitement associées avec les composantes végétales et animales de leur environnement, et donc la combinaison de stratégies basées sur l'écologie qui focalisent sur les interactions avec les plantes et les hôtes, offre un meilleur succès de régulation des populations de tiques.

*La* lutte contre les tiques permet d'éviter ou de réduire l'atteinte par les hémoparasitoses, avec toutes les pertes économiques qu'elles occasionnent, et tous les problèmes de diagnostic et de traitement qu'elles posent. Cependant cette lutte doit être correctement effectuée et doit être basée sur des études biologiques et écologiques précises (Hassan et Osman, 2003). Une étude réalisée à l'échelle nationale, par Bailly-Choumara et Morel en 1976, avait établi une carte de répartition géographique des espèces de tiques existantes au Maroc, cependant, ces dernières décennies ont vu un bouleversement majeur au niveau des écosystèmes, notamment par la création de grandes retenues d'eau (barrages) servant à alimenter les canaux d'irrigation destinés à l'agriculture et à l'alimentation des villes en eau potable. Ces retenues ont créé des microclimats autour d'elles, sur une frange de plusieurs kilomètres, comme c'était le cas dans d'autre pays en développement (George et Chastel, 2002). Ces barrages ont changé des zones classées auparavant comme arides ou semi-arides en zones humides et sub-humides, favorisant

ainsi l'apparition de nombreuses espèces de tiques. De ce fait, des études nouvelles se sont avérées indispensables pour mettre à jours les données existantes.

*L'*extermination des tiques sur un grand territoire n'est généralement pas un but réaliste dans la plupart des cas, sauf dans des îles, où des campagnes fructueuses étaient parfois mises en œuvre. Des animaux sauvages agissent fréquemment comme les hôtes réservoir pour les tiques et pour cette raison (parmi d'autres), il est généralement peu réaliste d'envisager de supprimer les tiques surtout celles dans les régions tempérées où des espèces, comme *Ixodes ricinus*, parasitent beaucoup d'animaux en plus du bétail domestique qui est leur hôte habituel.

*Des* stratégies de contrôle des tiques ont été préconisées, basées sur la résistance de l'hôte aux tiques et aux maladies qu'elles transmettent, prenant en compte la dynamique saisonnière des tiques et la disponibilité de vaccins contre les hémoparasitoses. De plus, des données précises sur l'écologie des tiques (la distribution géographique et les préférences) sont aussi exigées (Pegram et al., 1986), avec des données sur la prévalence des hémoparasitoses dans les différents systèmes d'élevage, moderne et traditionnel. Les données sur l'épidémiologie des hémoparasitoses plus celles sur l'écologie des tiques représentent la base de toute stratégie de contrôle de ces maladies.

*Les* nations économiquement développées dépensent de très grandes sommes pour prévenir et réduire les pertes dues aux maladies transmises par les tiques. Dans les nations moins développées ayant moins de ressources pour la prévention et le contrôle, et un besoin relativement grand en protéines animales pour alimenter une population humaine mal nourrie, les pertes dues aux maladies provoquées par les tiques sont particulièrement graves (Harold et al., 2003).

*C'*est dans cette optique qu'en 2003, un ambitieux programme de contrôle des maladies transmises par les tiques aux ruminants a été lancé par l'équipe de l'Unité de Parasitologie et des Maladies Parasitaire de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV) de Rabat. Et ce, en collaboration avec des équipes de chercheurs belges du Laboratoire de Parasitologie de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège (ULg), du Département de Santé Animale de l'Institut de Médecine Tropicale (IMT) d'Anvers et du Laboratoire d'Ecologie et de Biogéographie de l'Université de Louvain la Neuve (UCL). Ce programme visait à apporter une vision claire et précise sur la situation épidémiologique des hémoparasitoses des ruminants dans notre pays, établir une cartographie de distribution de ces maladies et par-delà même proposer une stratégie de lutte intégrée et adaptée aux conditions locales d'élevage.

*Ce* travail de thèse fait partie de ce programme et a pour objectif général d'étudier l'épidémiologie des hémoparasitoses vectorielles des ruminants (theilériose, babésiose et

anaplasnose) au niveau de quatre zones majeures d'élevage des ruminants au Maroc. Il a pour objectifs spécifiques de :

- déterminer de la séroprévalences de ces maladies ;
- identifier et l'étude de l'écologie de leurs principaux vecteurs ;
- établir une carte de leur distribution géographique ;
- analyser les facteurs de risque favorisant leur maintien et leur expansion ;
- proposer une stratégie de lutte écologique contre les vecteurs.

*Partie I*  
*Revue bibliographique*

## **CHAPITRE I : ÉPIDÉMIOLOGIE DES HÉMOPARASITOSE DES RUMINANTS**

### **I-1. GÉNÉRALITÉS**

Depuis 1956, le Maroc a considéré l'agriculture comme un secteur privilégié d'importance sociale et économique. Afin d'améliorer la rentabilité de l'élevage, l'importation de bovins appartenant à des races améliorées a été encouragée pour augmenter le potentiel génétique local et la production de lait et de viande rouge. Cependant, les hémoparasitoses constituent un obstacle majeur au développement de cet élevage

Les pertes dues aux hémoparasitoses sont de différents ordres ; des pertes directes dues à la mort de l'animal malade et à une diminution de production, ou des pertes indirectes consécutives aux mesures de quarantaine, à la lutte contre les tiques, aux vaccinations et aux limitations des déplacements des troupeaux

Les hémoparasitoses des ruminants ont une répartition mondiale due au fait que leurs vecteurs, tiques ou mouches hématophages, ont une diffusion mondiale et chacun d'eux a ses propres exigences et tolérances aussi bien pour la température que pour l'humidité. Cette complexité rend le diagnostic très difficile et par conséquent une approche thérapeutique souvent inadéquate.

### **I-2. HÉMOPARASITOSE DES BOVINS**

#### **I-2-1. Babésiose**

##### **I-2-1-1. Définition**

Les babésioses bovines ou piroplasmoses sont des maladies parasitaires vectorielles, inoculables et non contagieuses, dues à la présence et la multiplication dans les érythrocytes des bovins, de protozoaires du genre *Babesia* obligatoirement transmis après évolution cyclique chez la tique. Sur le plan clinique ressort un syndrome hémolytique grave (figure 1) compliqué par des troubles digestifs, cardiaques, pulmonaires, et nerveux. L'hypertrophie et la congestion du foie et de la rate sont de règle, en fonction directe de la gravité de l'hémolyse.

A.



B.



**Figure 1 : Cas de babésiose chez les bovins au Maroc (Sahibi et Rhalem, 2007)**

**A :** Ictère prononcé ; **B :** Hémoglobunerie et syndrome ictérique

### **I-2-1-2. Importance**

On estime au niveau mondial à 800 millions le nombre de bovins affectés et à plusieurs milliards de dollars US le coût de la lutte contre les tiques et les maladies qu'elles transmettent (Gomes et *al.*, 1991).

### **I-2-1-3. Etiologie**

Les premières observations sur les piroplasmes sont celles du chercheur hongrois Victor Babes en 1888. Il a observé le parasite dans les hématies des bovins romains qui souffrent de « *haemoglobunurie fever* » et il l'a nommé *Haematococcus bovis* ; quelques années plus tard, Smith et Kilborne (1893) publièrent les résultats de leurs travaux sur *Babesia bigemina*, qui leur permirent non seulement de reconnaître la vraie affiliation animale du parasite, mais aussi de mettre en évidence le rôle d'une tique, vecteur arthropode, dans la transmission de ces hémoparasites aux mammifères.

### **I-2-1-4. Étude du parasite**

#### **I-2-1-4-1. Systématique**

*Babesia sp* prend la position systématique qui suit selon Levine (1988) :

- Sous règne : *Protozoa*
- Phylum : *Apicomplexa*
- Classe : *Aconoidasia*
- Ordre : *Piroplasmoida*
- Famille : *Babesiidae*
- Genre : *Babesia*

4 espèces de *Babesia* peuvent infecter les bovins : *B. bigemina* (Smith et Kilborne, 1893); *B. bovis* (Starcovicci, 1893); *B. divergens* (Mc Fadyean et Stockman, 1911) ; *B. major* (Sergent et al, 1926).

#### **I-2-1-4-2. Caractéristiques morphologiques**

##### ➤ ***Babesia bigemina***

*B. bigemina* est un piroplasma polymorphe large de 4-5 x 2µm (figure 2). Ces organismes sont caractéristiquement en forme de poire et reposent en paires formant un angle aigu dans le globule rouge. Ces formes par paire ont souvent 2 points rouges discrets dans chaque parasite. Les formes rondes, ovales ou irrégulières peuvent survenir dépendamment du stade de développement du parasite dans l'érythrocyte.

##### ➤ ***Babesia bovis***

*B. bovis* est un petit piroplasma de 2.4 x 1.5µm, habituellement localisé au centre de l'érythrocyte, avec un corps en forme de poire et repose en paires formant un angle obtus dans l'érythrocyte mûr (figure 2). Les formes circulaires vacuolées en sceau sont particulièrement communes consistant en une vacuole centrale avec la masse du noyau au pôle. Les synonymes sont *B. argentina*, *B. berbera*.

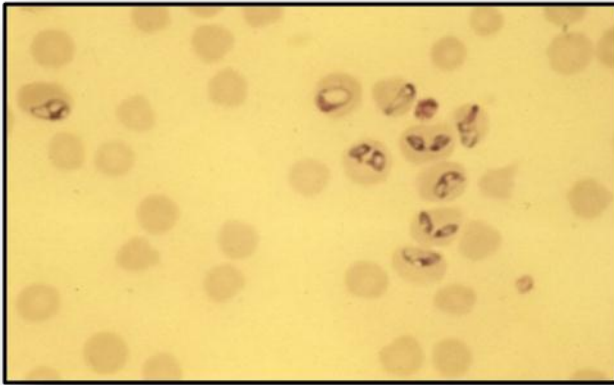
##### ➤ ***Babesia divergens***

*B. divergens* est une microbabésie dont le diamètre est inférieur au rayon de l'hématie. Chez le bovin, on peut observer de petits éléments bleu foncé généralement à la périphérie de l'hématie, contre la membrane plasmique (figure 2). Ils contiennent un noyau rouge sombre peu visible et une vacuole centrale. En fonction du cycle évolutif, le parasite peut se présenter sous l'aspect d'éléments « piriformes » géminés (*forme de poire*) ou sous la forme « annulaire ».

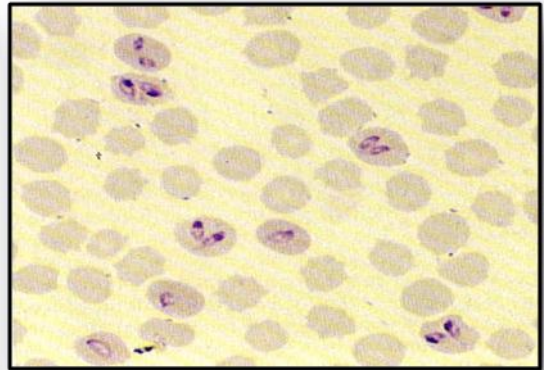
##### ➤ ***Babesia major***

Cette espèce ressemble à *B. bigemina* excepté qu'elle est plus petite et repose au centre de l'érythrocyte. Les corps piriformes sont de 2,6 x 1,5 µm et l'angle formé par l'organisme est inférieur à 90° (figure 2). Il peut y avoir des formes rondes d'environ 1,8 µm de diamètre.

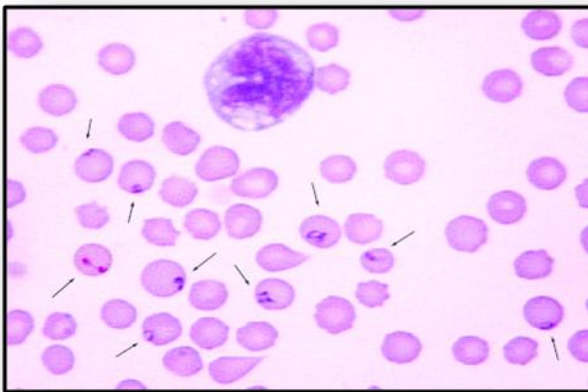
A.



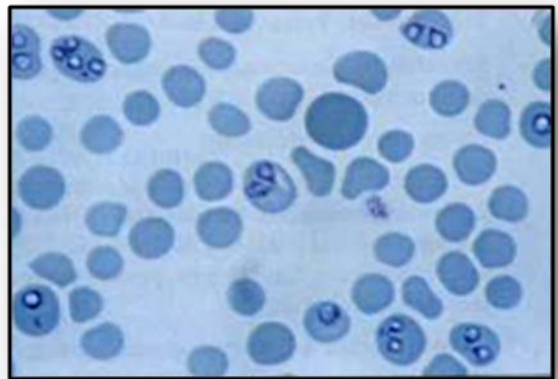
B.



C.



D.



**Figure 2 : Photos montrant les différentes espèces de *Babesia* chez le bovin**

A : *B. bovis* ; B : *B. bigemina* ; C : *B. divergens* ; D : *B. major*

« [http://gallery.site.hu/u/aotk2004/para/.jbabesia\\_bigeminapg.html](http://gallery.site.hu/u/aotk2004/para/.jbabesia_bigeminapg.html) »

### **I-2-1-4-3. Cycle évolutif de *Babesia spp***

Les parasites sont très polymorphes et se présentent sous divers aspects, évoluant au cours du cycle (Figure 3).

Le cycle biologique, complexe, est constitué de trois phases : mérogonie chez le bovin, gamogonie et sporogonie chez la tique.

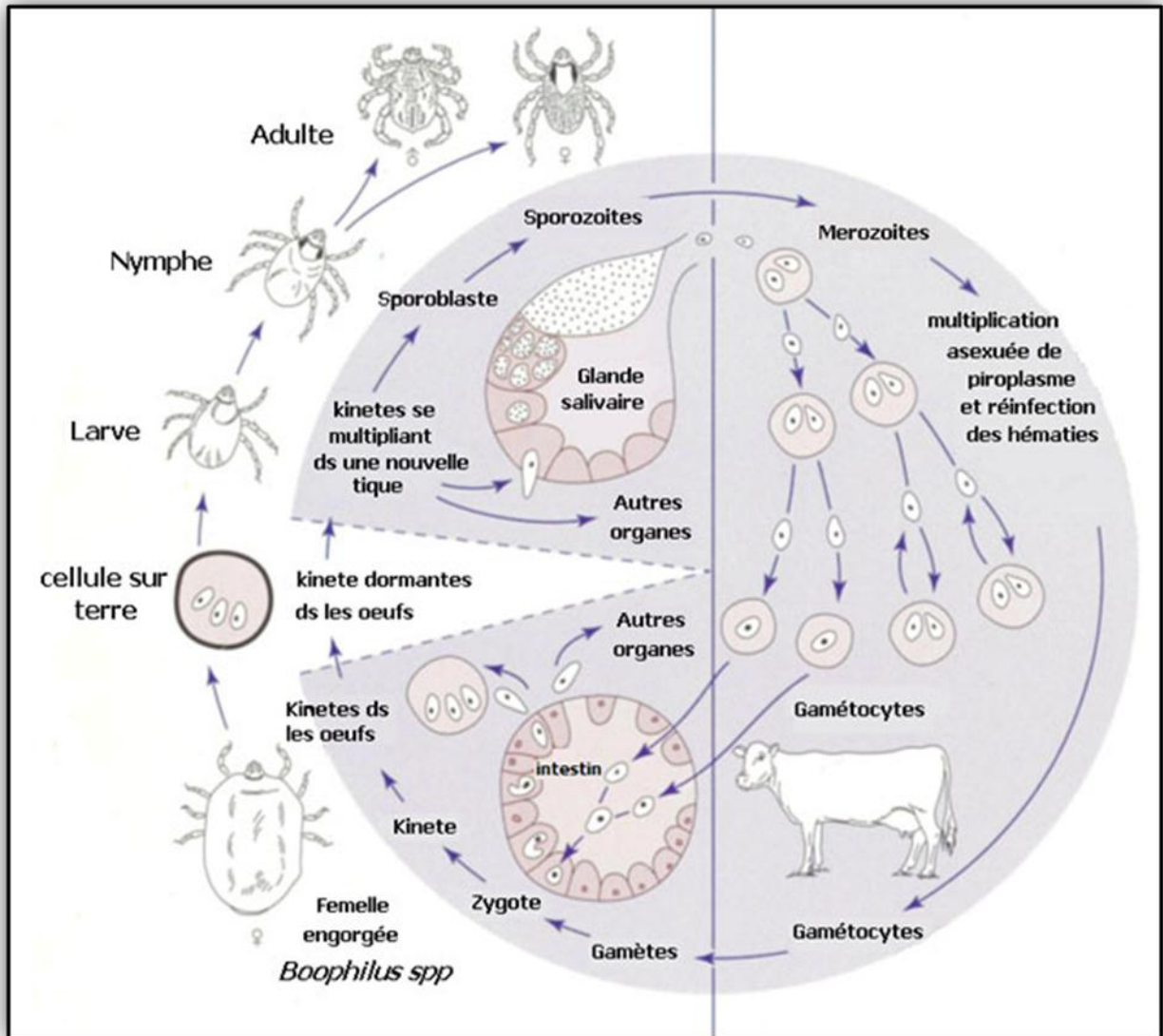


Figure 3 : Cycle évolutif de *Babesia* spp (Cowman, 2013)

### I-2-1-5. Épidémiologie des babésioses bovines

#### I-2-1-5- 1. Facteurs de réceptivité pour *Babesia* spp chez les bovins

##### ➤ Facteurs intrinsèques

- **L'espèce :** *B. bovis* et *B. bigemina* infectent les bovins ; taurins, zébus et buffles. Dans les conditions analogues, le zébu est dix fois moins sensibles, aux effets pathogènes, que le taurin d'après Morel (1981). Pour *B. divergens* et *B. major*, elles infectent essentiellement les bovins.
- **La race :** les races locales, plus rustiques, du fait de leur meilleure adaptation aux conditions climatiques et alimentaires locales, et de leur capital génétique varié très riche en gènes allèles, sont moins sensibles aux babésioses.

- **L'âge** : les veaux sont sous protection colostrale durant les 3 premiers mois de la vie (James, 1988), en plus, mêmes issus de vaches naïves, les veaux conservent une résistance non spécifique pendant les 9 premiers mois d'âge grâce au thymus qui assurerait une protection non spécifique contre les *Babesia* (Morel, 1981).

- **L'état physiologique** : la fatigue, les troubles nutritionnels ainsi que toute dérivation des anabolismes (lactation, engraissement, gestation) augmentent la sensibilité des sujets et favorisent la primo-infection ou même la rechute. Le stress des vaccinations et de transport peut provoquer des réveils d'infection chez des animaux testés porteurs latents.

➤ **Facteurs extrinsèques**

- **Saison favorable** : elle semble être liée à l'activité des tiques au Maroc, le nombre de cas augmente dès le début du printemps pour atteindre un maximum au mois de juin et juillet.

- **Conditions climatiques** : tout changement de temps brusque, qui perturbe les régulations physiologiques, peut être à l'origine de rechutes. Les cas de babésiose tropicale en saison froide sont fréquents, alors que les vecteurs ne sont pas actifs à cette époque.

- **Gestion du troupeau** : les troupeaux, où seuls les adultes sont exposés aux tiques, présentent un risque élevé malgré le taux d'inoculation adéquat (Ganse, 1986).

- **Virulence du parasite** : la réceptivité est aussi en fonction de la virulence de l'espèce et de la souche du parasite. Ainsi, Woodford (1990) a rapporté que *B. bovis* est la plus pathogène.

**I-2-1-5- 2. Vecteur**

Dans les conditions naturelles, les espèces de *Babesia* sont obligatoirement transmises par les tiques (*Acari : Ixodidae*).

**I-2-1-5- 3. Mode de transmission**

➤ **Transmission mécanique**

La babésiose peut être transmise par du matériel virulent tel que le sang et les suspensions de tissus ; mais aussi par les schizontes cultivés *in vitro* ainsi que par les sporozoïtes isolés à partir des tiques infectées (L'hostis, 1989).

➤ **Transmission naturelle**

- **Transmission intra-utérine** : ce phénomène est très rare et semble ne pas avoir d'importance majeure dans l'épidémiologie générale des babésioses. Quelques auteurs ont noté le cas de transmission trans-utérine des *Babesia* chez les bovins. En effet, Klinger et Benyossef (1972) ont

observé (mise en évidence à partir d'un frottis splénique) un cas d'infection par *B. bovis* d'un fœtus bovin de 8 mois, dont la mère était morte d'un cas de babésiose aiguë.

- **Transmission par les tiques** : dans les conditions naturelles *Babesia spp* sont obligatoirement transmises par les tiques.

#### **I-2-1-6. Pathogénie**

Le pouvoir pathogène des *Babesias* a essentiellement été étudié pour *B. bovis* et *B. bigemina*. Les spécialistes des babésioses s'accordent pour considérer que les résultats de ces recherches sont transposables pour *B. divergens* et *B. major*, mais aucun travail spécifique n'a permis de confirmer cette hypothèse. Par ailleurs, toutes les souches du parasite n'ont pas la même virulence. Dehove (1991) et Woodford et al (1990) rapportent que *B. bovis* est l'espèce la plus pathogène. La pathogénie de *Babesia* se manifeste par :

- **hémolyse** : elle est essentiellement due à la rupture des hématies parasitées et la libération des mérozoïtes à la fin du cycle du schizonte ;
- **choc** : Mahoney (1977) est arrivé à la conclusion que le parasite *B. bovis* secrète *in vitro* un activateur de kallikréine présente dans les cellules de divers organes, et notamment dans le stroma des hématies, dont les produits induisent des changements de paramètres de coagulation, une vasodilatation, une hypotension et augmentation de la perméabilité vasculaire. Ce phénomène est précoce et précède une parasitémie décelable. Les effets en sont un choc par stase sanguine et chute de volume globulaire avant même l'hémolyse ;
- **hémoglobinurie** : résulte de l'élimination par les reins de l'hémoglobine et de la bilirubine sanguine libre ;
- **néphrite aiguë** : se déclare dans les hémoglobinuries graves par effet toxique des pigments sur les cellules de Malpighi ;
- **splénomégalie** : est due fondamentalement à l'hypertrophie des organes hématopoïétiques, dont l'activité compensatoire anarchique se traduit dans le sang par de la poikilocytose et de la macroérythrocytose ;
- **anémie** : entraîne une hypoxie grave qui abaisse l'activité métabolique générale, aggravée par la présence de pigments sanguins libres.

#### **I-2-2. Theilériose**

##### **I-2-2-1. Définition**

La theilériose à *T. annulata* est une maladie infectieuse non contagieuse. Elle est l'une des principales affections dans les élevages bovins méditerranéens et de plusieurs pays d'Asie. Elle est caractérisée par un accès aigu de première invasion suivie, si l'animal ne succombe pas, d'un

stade métacritique d'infection latente chronique de longue durée. Cliniquement, la maladie est caractérisée par : une hyperthermie, une hypertrophie ganglionnaire, de l'anémie, de l'ictère, de la dyspnée et des perturbations digestives. Les lésions les plus courantes sont : l'hypertrophie de la rate, du foie et des reins, et on observe de nombreux ulcères au niveau de la caillette.

### **I-2-2-2. Importance**

La theilériose tropicale est une maladie lymphoproliférative d'une importance économique majeure, elle constitue une entrave au développement de l'élevage bovin et menace plus de 250 millions de bovins dans les régions d'Afrique du Nord, du Sud de l'Europe et de l'Asie. Au Maroc, elle est classée parmi les maladies bovines les plus pathogènes et les plus importantes sur le plan économique. Le taux de mortalité a été estimé chez les animaux atteints, de race importée, à 70% et chez ceux de race locale, à 40% (El Haj et *al.* 2001). L'agent étiologique est un protozoaire parasite des cellules du système réticulo-histiocytaire et des érythrocytes des bovins.

### **I-2-2-3. Étiologie**

En 1908, Theiler a montré que les agents bacillaires endoglobulaires observés par Koch (1900) sont différents des *Babesia bigemina* et les a nommé *Piroplasma parva* (*Theileria parva*). Bitter (1905) et Ducloux (1905) ont observé de petits piroplasmés dans le sang de bovins en Egypte et en Tunisie. Durant la même période Dscunkowsky et Luhs (1904 ; 1909) décrivent cet agent en Transcaucasie et l'appellent *Piroplasma annulatum* (*Theileria annulata*) en donnant à la même maladie le nom de piroplasmose tropicale.

### **I-2-2-4. Étude du parasite**

#### **I-2-2-4-1. Systématique**

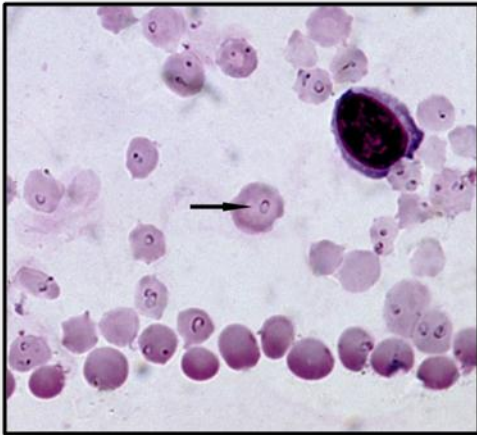
Systématique de *Theileria sp* selon Levine (1971) :

- Sous règne : *Protozoa*
- Phylum : *Apicomplexa*
- Classe : *Aconoidasia*
- Ordre : *Piroplasmoida*
- Famille : *Theileriidae*
- Genre : *Theileria*

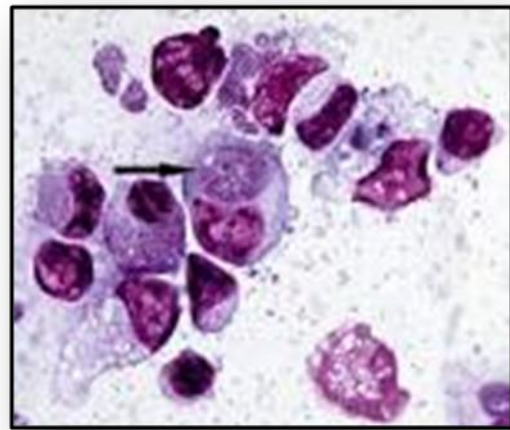
#### I-2-2-4-2. Caractéristiques morphologiques

Les organismes rencontrés dans les globules rouges sont ronds ovales ou sous forme de bagues de 0.5 à 1.5  $\mu\text{m}$  (Figure 4). Les macroschizontes et les microschantons sont trouvés dans les lymphocytes de la rate et des ganglions.

A .



B.



**Figure 4 : *T. annulata* chez le bovin X 100** (Rhalem et Sahibi, 2007)

A : Mérozoïtes dans les globules rouges

B : Schizontes dans un lymphocyte

A .



B.



**Figure 5 : Cas de theilériose bovine au Maroc** (Rhalem et Sahibi, 2007)

A : Hypertrophie ganglionnaire chez un veau (Tadla-Azilal)

B : Vache anorexique sans valeur économique (Gharb-Chrarda-Bni Hssen)

### I-2-2-4-3. Cycle évolutif

*T. annulata* infecte surtout les bovins, le buffle asiatique mais avec une réaction modérée et le taurin (Marcotty, 2003). Le cycle de *Theileria* comporte deux phases (Figure 6) :

- **phase extra-érythrocytaire chez la tique** : c'est un stade de développement dans l'intestin de la tique : *Theileria* est ingéré par la tique lors du repas sanguin réalisé sur un bovin infecté ;
- **phase endo-érythrocytaire chez le bovin** : les sporozoïtes pénètrent les lymphocytes du bovin et s'y multiplient (formation de schizontes) puis envahissent d'autres lymphocytes.

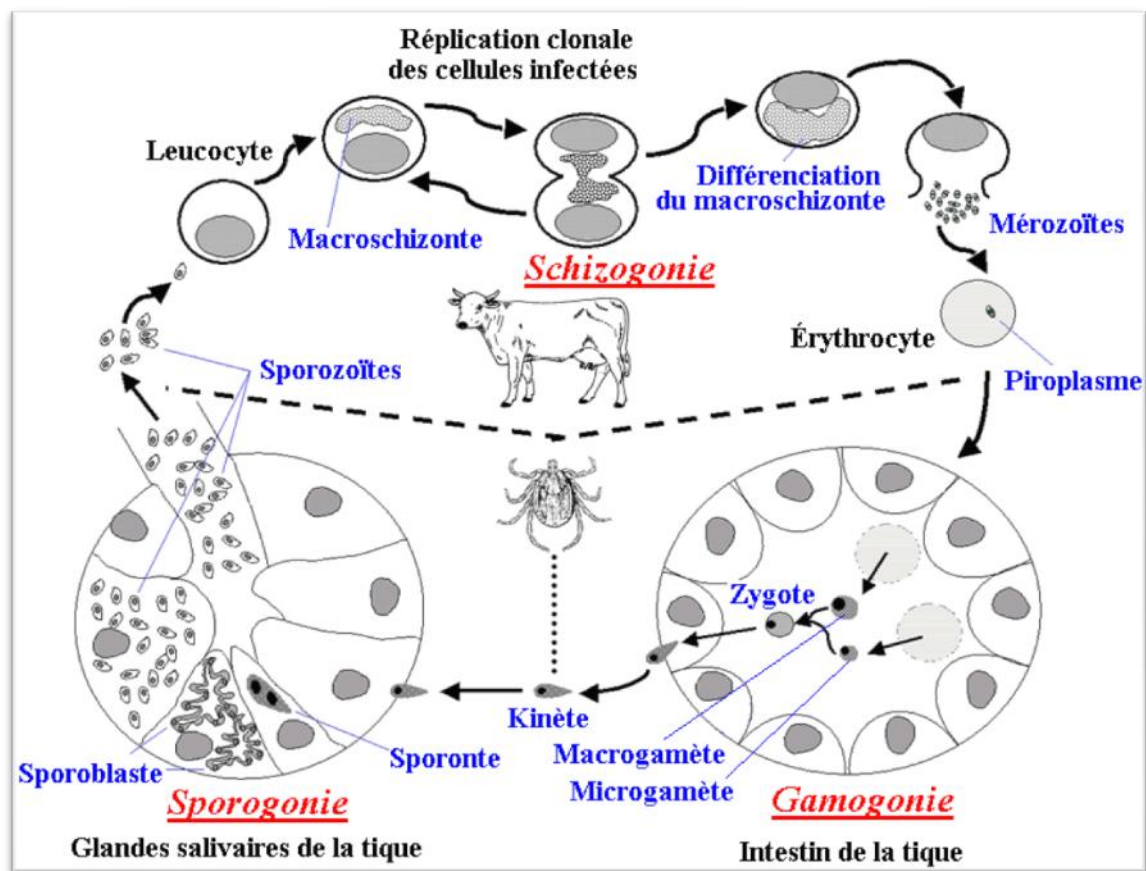


Figure 6 : Cycle évolutif de *T. annulata* (Mehlhorn et Schein, 1984)

### I-2-2-5. Épidémiologie

#### I-2-2-5-1. Facteurs de réceptivité

- **Espèce** : seuls les bovins sont sensibles à la theilériose à *T. annulata*. Les animaux de laboratoire en sont réfractaires.
- **Race** : de nombreux auteurs ont signalé l'influence de la race sur la fréquence et la gravité de la maladie : Sergent et Donatien (1945) en Algérie, Delpy (1949) en Iran ;
- **Âge** : l'âge est un facteur très important dans l'épidémiologie de la theilériose. Les veaux malgré leurs sensibilités à l'infestation font un accès de première invasion très bénin, qui peut

même passer inaperçu avec une mortalité réduite. Plusieurs auteurs attribuent la résistance des jeunes à une immunité passive transmise par les mères par le biais du colostrum (Pipano, 1974 ; Moll et *al.*, 1986).

- **État physiologique** : en hiver, malgré l'absence de tique, on a signalé l'existence de quelques cas de theilériose chez les vaches gestantes, cela pourrait être dû à une rechute suite aux déficiences immunitaires occasionnées par la gestation, cet état favorise la multiplication du parasite dans l'organisme de l'animal en particulier durant ses deux derniers tiers (Ouhelli, 1985). Ceci a été enregistré également durant les deux derniers mois de lactation (El Haj et *al.*, 2003).

#### **I-2-2-5-2. Vecteurs**

Il a été montré expérimentalement que la majorité, sinon toutes les espèces d'*Hyalomma* infestant les bovins sont capables de transmettre *T. annulata*. Cependant, certaines espèces d'*Hyalomma* voient leur rôle limité dans la transmission dans les conditions naturelles pour une question de préférence de l'hôte et à cause de leur capacité intrinsèque (Ouhelli, 1985).

#### **I-2-2-5-3. Mode de transmission**

La transmission de *T. annulata* est assurée par la salive de la tique adulte après 3 à 4 jours de repas sanguin. La transmission par les seringues contaminées est possible, mais son rôle dans l'épidémiologie de la theilériose demeure accessoire. La transmission de *Theileria* est de type transtadiale mais non trans-ovarienne. La transmission intra-utérine est possible mais elle est très rare (Neitz, 1957). L'infection est acquise au stade larvaire ou nymphal, au cours d'un repas sanguin à partir d'un bovin infecté et est transmise au stade adulte, qui porte la forme infectante de *Theileria* dans ses glandes salivaires (Sergent et *al.*, 1945; Neitz, 1957; Barnett, 1968; Uilenberg, 1981)

#### **I-2-2-6. Pathogénie**

On constate une prolifération lymphocytaire induite par la multiplication des schizontes dans les lymphocytes, puis une destruction, à la fois des lymphocytes parasités et non parasités, entraînant une immunodépression par lymphopénie qui favorise la progression de la maladie et des infections secondaires. Lorsque le bovin survit, des lymphocytes T cytotoxiques détruisent spécifiquement les lymphocytes infestés. Ce sont ces lymphocytes T qui protègent durablement l'animal guéri (immunité à médiation cellulaire). La présence de piroplasmes dans les érythrocytes a peu de conséquences pathogènes : quelques cas d'anémies et d'ictères sont parfois décrits, mais aucun processus d'hémolyse ne semble se produire (Coetzer et *al.*, 1994).

### **I-2-3. Anaplasmose**

#### **I-2-3-1. Définition**

L'anaplasmose est une maladie infectieuse virulente inoculable, causée par une rickettsie intra-érythrocytaire du genre *Anaplasma* (Ristic et Kreier, 1974), l'espèce a été à l'origine considérée comme un protozoaire. Depuis 1957, les anaplasmes ont été classifiés dans la famille des *Anaplasmataceae*, et de l'ordre des *Rickettsiales*. Ces parasites sont transmis biologiquement par les tiques. La maladie s'exprime par l'anémie, l'avortement, l'ictère et la mort, mais la maladie clinique peut seulement être confirmée en identifiant l'organisme. Une fois infecté, une gamme de manifestations survient chez l'animal allant du portage sain à la mortalité en quelques jours.

L'Anaplasmose bovine n'est pas une zoonose. La rickettsie est décelable également chez les ovins, caprins et ruminants sauvages.

#### **I-2-3-2. Importance**

L'anaplasmose bovine cause des pertes économiques importantes dans la plupart des pays, principalement en raison de la haute morbidité, la mortalité chez les animaux susceptibles et le rôle de réservoir. Les pertes causées sont la diminution des gains du poids, la diminution de la production laitière, l'avortement, le coût de traitements curatifs et la mortalité.

#### **I-2-3-3. Étiologie**

Theiler (1910) a décrit *A. marginale* dans les érythrocytes des animaux sud-Africains comme «des points marginaux». Un rapport semblable a été publié aux Etats-Unis par Saumon et Forgeron (1896), où ils avaient décrit la présence d'un appareil à point pathogène dans les salissures de sang de bétail comme "un corps très petit, arrondi, 0.3 à 1.0  $\mu$  de diamètre coloré par la coloration de Giemsa pour le visualiser. Le corps est généralement placé près du bord du corpuscule" (Salmon et Smith, 1896).

#### **I-2-3-4. Étude du parasite**

Le genre d'intérêt *Anaplasma* inclut trois espèces qui infectent les ruminants ; *A. marginale*, *A. centrale* et *A. ovis*. L'anaplasmose bovine est causée principalement par *A. marginale*. Tandis que *A. centrale* est moins pathogène pour les animaux. *A. ovis* est spécifique aux ovins et aux caprins.

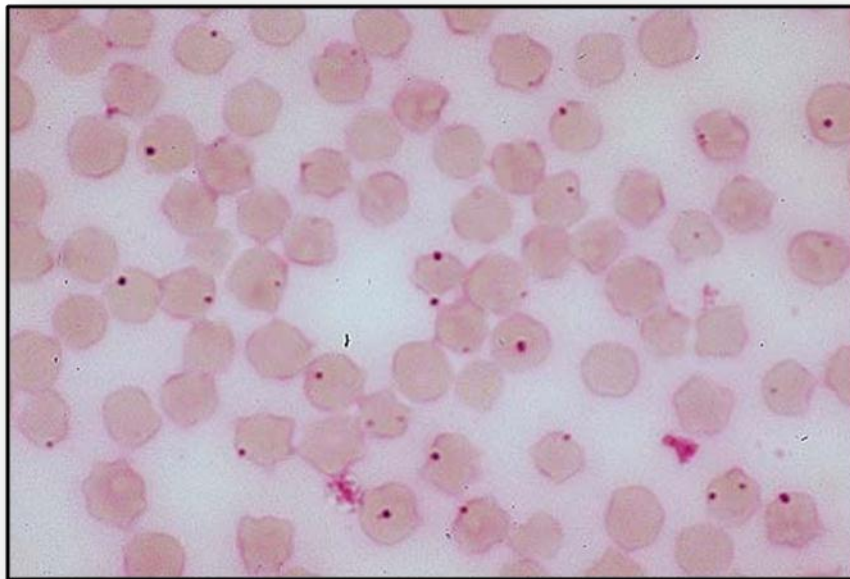
#### **I-2-3-4-1. Systématique**

Les organismes dans l'ordre Rickettsiales ont été récemment reclassifiés en se basant sur des caractéristiques biologiques et les analyses génétiques des 16S rARN des gènes, et des gènes de protéines de surface (Dumler et *al.*, 2001).

- Sous règne : *Protozoa*
- Phylum : *Ciliophora*
- Classe : *Kinetofragminophora*
- Ordre : *Rickettsiales*
- Famille : *Anaplasmataceae*
- Genres : *Anaplasma ; Ehrlichia ; Wolbachia ; Neorickettsia*

#### **I-2-3-4-2. Caractères morphologiques**

Dans les hématies, *A. marginale* apparaît comme dense, arrondie, mesurant approximativement 0.3-1.0  $\mu$  de diamètre avec un emplacement sur ou près de la marge de l'érythrocyte (Figure 7).



**Figure 7 : *A. marginale* dans des globules rouges bovins X 100 (Noh et *al.*, 2010)**

A.



B.



**Figure 8 : Cas d'anaplasmose bovine au Maroc** (Rhalem et Sahibi, 2007)

A : anémie prononcée ; B : troubles nerveux

### **I-2-3-4-3. Cycle évolutif**

Une fois qu'un animal est infecté, il demeure toute sa vie une source potentielle d'infection même s'il est guéri. Les Anaplsames se transforment aussitôt en corps initiaux qui pénètrent le globule rouge par endocytose et subissent ensuite une multiplication binaire au sein de nombreuses vacuoles cytoplasmiques, pour donner naissance à d'autres corps initiaux qui envahissent les autres érythrocytes par l'intermédiaire de ponts cytoplasmiques. La sortie des corps initiaux des globules rouges s'opère par exocytose, sans causer leur destruction (Figure 9).

Les principaux vecteurs de l'anaplasmose sont les tiques. Le micro-organisme causant la maladie infecte ces arthropodes et se reproduit dans leur organisme. Les tiques transmettent à leur tour le micro-organisme à d'autres animaux à risque.

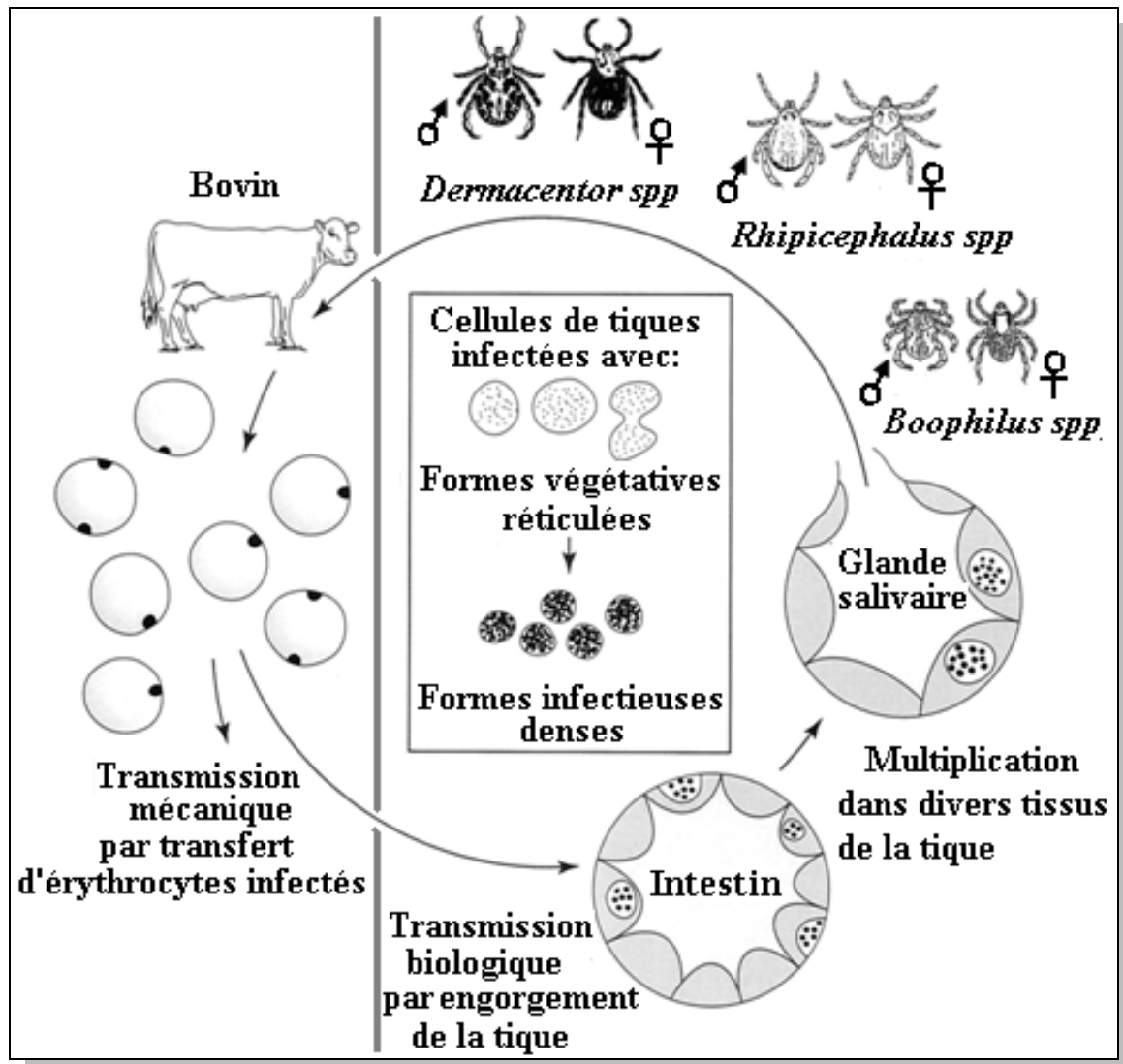


Figure 9 : Cycle évolutif de *A. marginale* (Kocan et al., 2003)

### I-2-3-5. Épidémiologie

#### I-2-3-5-1. Facteurs de réceptivité

*A. marginale* peut infecter à la fois les bovins et les ovins, alors que *A. ovis* et *A. mesaeterum* montrent une spécificité d'hôte vis-à-vis des petits ruminants.

#### I-2-3-5-2. Vecteurs

*A. marginale* a pour vecteurs les tiques (*Ixodides*) : *Boophilus spp.*, *Ixodes ricinus*, *R. bursa*, *R. sanguineus*, *Dermacentor andersoni*, *Dermacentor variabilis*, *Dermacentor occidentalis*, *Haemaphysalis punctata*, *Hyalomma truncatum*, ainsi que des insectes piqueurs.

### **I-2-3-5-3. Mode de transmission**

La transmission de *A. marginale* peut être effectuée mécaniquement par des mouches ou du sang contaminé et biologiquement par les tiques (Dikmans, 1950). La transmission mécanique arrive fréquemment via le sang contaminé, incluant des aiguilles, des instruments de tatouage, des dispositifs de marquage d'oreille et des instruments de castration. La transmission mécanique par des arthropodes a été annoncée pour les insectes piqueurs (*Tabanus*, *Chrysocales*, *Hippobosca*). Cette forme de transmission mécanique est la plus répandue dans les secteurs d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud et certaines régions d'Afrique (Coronado, 2001).

La transmission biologique de *A. marginale* est effectuée par les tiques et approximativement 20 espèces ont été incriminées comme des vecteurs dans le monde entier (Ewing, 1981). La transmission des tiques est trans-stadiale ou inter-stadiale, tandis que la transmission trans-ovarienne ne semble pas arriver.

### **I-2-3-6. Pathogénie**

Une fois l'animal est infecté, le parasite se multiplie dans les érythrocytes et il est ensuite phagocyté par le système réticulo-endothélial, ce qui aboutit au développement d'anémie, d'ictère, de fièvre après une période pré-patente de 1 à 3 mois, puis la mort ou la convalescence avec portage sain; 70 % des érythrocytes du bovin peuvent ainsi être détruits, les mécanismes auto-immuns pouvant même détruire les érythrocytes non infectés.

Une des caractéristiques de l'anaplasmose, que l'on retrouve aussi chez les babésioses et la theilériose, réside dans le fait que les animaux, se remettant d'une phase aiguë de la maladie, deviennent des porteurs sains de cette maladie. Ils peuvent servir de réservoir pour l'infection d'autres tiques vectrices.

## **I-3. HÉMOPARASITOSE DES PETITS RUMINANTS**

### **I-3-1. Anaplasmose**

#### **I-3-1-1. Définition**

C'est une maladie infectieuse, non contagieuse, d'évolution subaiguë, qui se traduit cliniquement par une anémie accompagnée d'une fièvre intermittente (Uilenberg, 1997 ; Osman, 1997).

### **I-3-1-2. Importance**

L'Anaplasmose ovine est le plus souvent une maladie opportuniste. Elle s'installe chez les animaux immunodéprimés ou fait suite aux babésioses et aux theilérioses. De ce fait, l'anaplasmose reste de moindre importance clinique et économique.

### **I-3-1-3. Étiologie**

On distingue deux espèces de *Anaplasma* chez les ovins, appartenant à la famille des Rickettsies : *A. ovis* (Lestoquard, 1924); *A. mesaeterum* (Uilenberg, 1980).

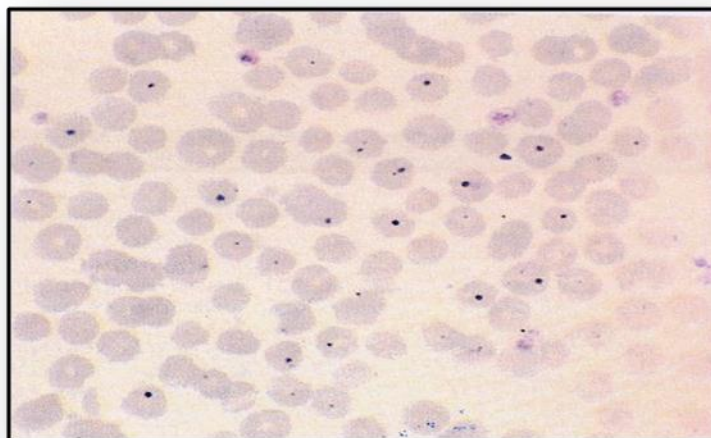
### **I-3-1-4. Étude du parasite**

#### **I-3-1-4-1. Systématique**

- Sous règne : *Protozoa*
- Phylum : *Ciliophora*
- Classe : *Kinetofragminophora*
- Ordre : Rickettsiales
- Famille : *Anaplasmataceae*
- Genre : *Anaplasma*

#### **I-3-1-4-2. Caractères morphologique**

*A. ovis* se présente sous une forme arrondie de 0,2 à 0,5  $\mu\text{m}$ , elle occupe, dans 70% des cas, une position marginale dans le globule rouge (figure 10).



**Figure 10 : *A. ovis* dans des hématies d'ovin X 100 (Noh et al., 2010)**

### **I-3-1-4-3. Cycle évolutif**

Les Anaplasmes sont inoculés à l'hôte à l'occasion du repas sanguins par le vecteur arthropode après multiplication par scission binaire dans la lumière intestinale (Morel, 1988 ; Friedhoff, 1997). Ils se transforment aussitôt en corps initiaux qui pénètrent le globule rouge par endocytose et subissent ensuite une multiplication binaire au sein de nombreuses vacuoles cytoplasmiques, pour donner naissance à d'autres corps initiaux qui envahissent les autres érythrocytes par l'intermédiaire de ponts cytoplasmiques (Ristic, 1977). La sortie des corps initiaux des globules rouges, s'opère par exocytose sans causer la destruction des globules rouges.

### **I-3-1-5. Épidémiologie**

#### **I-3-1-5-1. Facteurs de réceptivité**

*A. ovis* et *A. mesoenterum* montrent une spécificité d'hôte vis-à-vis des petits ruminants (ovins et caprins).

#### **I-3-1-5-2. Vecteurs**

Les tiques sont les principaux vecteurs de *A. ovis* chez les petits ruminants, notamment les espèces du genre *Rhipicephalus*. Les diptères sont également des vecteurs potentiels de *A. ovis*, telles que les Stomoxes.

#### **I-3-1-5-3. Mode de transmission**

La transmission de *A. ovis* par les tiques est une transmission biologique par du sang contaminé par les anaplasmes régurgités par la tique dans le sang de l'animal hôte. Tandis que par les diptères, la transmission est mécanique, et s'effectue *via* les pièces buccales de ces insectes portant du sang contaminé persistant. La transmission des anaplasmes peut également être effectuée par du matériel d'injection, de transfusion et de chirurgie contenant de très petites quantités de sang contaminé.

### **I-3-1-6. Pathogénie**

A la différence de *Babesia* et de *Theileria*, *Anaplasma* se multiplie à l'intérieur de l'érythrocyte dans des vacuoles intra-cytoplasmiques et ressort sans causer la lyse du globule rouge. L'hémolyse a lieu dans la moelle osseuse, la rate, le foie et les ganglions lymphatiques, elle est de médiation immunitaire et se déroule en deux phases :

- **la phase humorale** : elle fait intervenir d'abord les IgM puis, et après 4 à 5 jours, les IgG favorisant l'opsonisation, puis la phagocytose des globules rouges au sein du système réticulo-histiocytaire;

- **la phase cellulaire** : c'est la plus importante, elle ne commence qu'au bout de 3 semaines. Suite à leur activation au contact de l'antigène, les lymphocytes provoquent la destruction des hématies parasitées ou non. Les globules rouges détruits peuvent être ou non parasités. Les non parasités pourraient être des érythrocytes ayant contenu *Anaplasma* et ayant été quittés mais dont la surface pourrait être modifiée. Le sang des animaux guéris contient toujours des *Anaplasmes*, et ce pendant toute la vie de l'animal. L'état de prémunition lié à la persistance de l'infestation entretient un équilibre entre la rickettsie et l'organisme infesté.

### **I-3-2. Babésiose**

#### **I-3-2-1. Définition**

La babésiose ovine est une maladie infectieuse, inoculable, virulente, non contagieuse causée par des protozoaires du genre *Babesia* et transmise par les tiques. Les manifestations cliniques de cette maladie se traduisent lors de la phase aiguë par une anémie hémolytique donnant lieu à un ictère hémoglobinurique avec un état de choc et une coagulation intravasculaire disséminée (Uilenberg, 1997 ; Yeruham, 1998).

#### **I-3-2-2. Importance**

La babésiose ovine revêt une grande importance économique à cause de sa large répartition mondiale, le taux de mortalité élevé qu'elle occasionne lors de l'infestation aiguë, les pertes de production engendrées lors de l'infestation chronique et le coût élevé des traitements curatifs et préventifs.

#### **I-3-2-3. Étiologie**

La babésiose ovine est causée par *B. motasi* *B. ovis*, cette dernière est la plus importante et la plus pathogène.

#### **I-3-2-4. Étude du Parasite**

##### **I-3-2-4-1. Systématique**

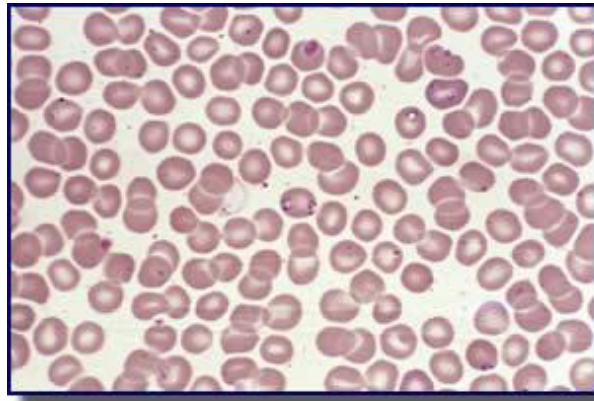
Le classement selon Levine :

- Phylum : *Protozoa*
- Sous-phylum : *Apicomplexa*

- Classe : *Piroplasma*
- Ordre : *Piroplasmorida*
- Familles : *Babesidae*
- Genre : *Babesia*

#### **I-3-2-4-2. Caractères morphologiques**

*B. ovis* est de petite taille, piriforme, avec un grand axe de  $1,30 + \text{ou} - 0,22 \mu\text{m}$  (Figure 11).



**Figure 11 : *B. ovis* dans des hématies d'ovins X 100**  
(Hashemi-Fesharki et al., 1997)

#### **I-3-2-4-3. Cycle évolutif**

- **Chez l'arthropode** : selon la conception de Morel (2000), une reproduction sexuée a lieu chez la tique et fait intervenir des gamètes donnant naissance à un zygote puis à une sporoblastie. Cette dernière se multiplie dans les différents tissus de la tique depuis l'infestation initiale de l'épithélium intestinal de la femelle jusqu'à la libération de sporozoïtes dans la salive de la nymphe. Ainsi, la contamination des stades suivants est transovarienne.

- **Chez l'hôte ovin** : il s'agit d'un cycle asexué au cours duquel, on assiste à une réapparition des constituants de la paroi du corps piriforme, qui se divise par bourgeonnement du noyau et du cytoplasme. Le noyau se divise par schyzogonie et non pas par mitose, ce qui donne naissance à des mérozoïtes ; la division dure environ huit heures (Mahoney, 1977).

### **I-3-2-5. Epidémiologie**

#### **I-3-2-5-1. Facteurs de réceptivité**

##### ➤ **Facteurs intrinsèques**

- **Espèce** : les ovins sont plus sensibles que les caprins à l'infection, ainsi l'infestation des caprins est généralement latente (Carithers, 2002).
- **Race** : les races locales se sont révélées plus résistantes que les races améliorées ou importées.
- **Age** : les jeunes ruminants (2 à 3 mois) sont moins sensibles que les adultes, grâce aux anticorps colostraux et à la présence du thymus, qui semble leur conférer une protection anti-babésiose.

##### ➤ **Facteur extrinsèques**

Ils englobent tous les troubles qui nuisent à la santé des animaux et provoquent une immunodépression, à savoir : les maladies intercurrentes, la sous nutrition, le stress, le refroidissement, les changements brutaux du climat et les vaccinations. Ainsi, l'intervention d'un ou de plusieurs de ces facteurs est susceptibles de déclencher la maladie en dehors de la période d'activité des tiques.

#### **I-3-2-5-2. Vecteurs**

Chez *B. ovis*, le vecteur de transmission est représenté par *R. bursa* dont la distribution concerne le bassin méditerranéen et les steppes de l'Asie du centre ouest (Mahoney, 1977 ; Friedhoff, 1997).

#### **I-3-2-5-3. Mode de transmission**

Selon Yeruham et al. (2001), la relation entre *B. ovis* et son vecteur varie selon le type du cycle de vie de la tique. En cas de cycle de monoxène, on distingue deux cas de figure :

- lorsque l'infestation est importante, les femelles sont parasitées massivement et elles meurent au bout de sept jours suite aux lésions intestinales occasionnées par les parasites, alors que les survivants pendant leur vitalité et leur capacité de ponte. Par conséquent, la transmission de *Babesia* à la descendance serait moindre ;

- lorsque l'infestation est latente et la parasitémie est faible, l'infestation des tiques sera faible mais la capacité de transmettre la Babésiose serait maximale, surtout au cours des stades subaigus et des rechutes de la maladie.

### **I-3-2-6. Pathogénie**

Selon Yeruham *et al.* (2001) et Habela *et al.* (1990), on peut résumer l'action de *B. ovis* en deux mécanismes :

- effet de lyse exercé sur les hématies responsable de l'anémie hémolytique ;
- ictère pré-hépatique et la libération de substances actives responsables du syndrome de choc. L'état de choc observé, résulte de la libération massive de catabolites due à la lyse des globules rouges et la nécrose cellulaire.

### **I-3-3. Theilériose**

#### **I-3-3-1. Définition**

C'est une maladie d'importance majeure du point de vue morbidité et létalité. Elles se caractérisent cliniquement par une polyadénite accompagnée de fièvre (Mahoney *et al.*, 1977; Friedhoff *et al.*, 1997).

#### **I-3-3-2. Importance**

Elle est surtout liée à la pathogénicité de *T. hirci* agent de la theilériose maligne des petits ruminants. Dans une description d'un épisode de theilériose sévère au Soudan en 1992, le taux de létalité a été de 100% (Tageldin *et al.*, 1992).

#### **I-3-3-3. Étiologie**

Trois espèces au sein du genre *Theileria* peuvent infester les petits ruminants :

- *T. ovis* (Rodhain, 1916);
- *T. separata* (Andersan et Uilenberg, 1974) ;
- *T. lestoquardi* (Uilenberg, 1981).

*T. ovis* et *T. lestoquardi* sont spécifiques aux ovins et caprins, alors que *T. separata* est spécifique aux ovins.

### **I-3-3-4. Étude du parasite**

#### **I-3-3-4-1. Cycle évolutif**

Il est identique à celui de *Babesia*, mise à part la présence d'une phase lymphoblastique qui permet la distinction entre les deux cycles, en plus de la diversité des formes que prend le parasite.

### **I-3-3-5. Épidémiologie**

#### **I-3-3-5-1. Facteurs de réceptivité**

Les facteurs race et âge ne semblent pas intervenir dans l'infection par *T. lestoquardi*. Cependant, les jeunes petits ruminants se révèlent moins sensibles à cette infection. Les maladies débilitantes et spécialement la Babésiose semble prédisposer à l'infestation par *T. lestoquardi*.

#### **I-3-3-5-2. Vecteurs**

*T. ovis* a pour vecteur les tiques *R. bursa* et *Haemaphysalis punctata* (Tageldin et al., 1992).

#### **I-3-3-5-3. Mode de transmission**

La transmission de *T. ovis* est trans-stadiale et non pas trans-ovarienne. Seules les tiques mono ou télotropes et di ou trixènes peuvent transmettre la maladie.

### **I-3-3-6. Pathogénie**

En ce qui concerne *T. ovis*, les investigations entreprises par Alani et al. (1988) démontrent que les premiers macroschizontes peuvent être décelés dès le 6ème jour suivant le début du repas sanguin des tiques, dans le plus proche nœud lymphatique à l'inoculation, puis commence la multiplication par schizogonie dans les lymphoblastes. Ceci donne lieu à l'adénite localisée d'abord puis généralisée et accompagnée de fièvre. Le taux de multiplication des macroschizontes détermine la virulence : s'il est modéré, il y a une possibilité que la réaction immunitaire puisse se développer pour contrecarrer la maladie.

## **CHAPITRE II : ÉCOLOGIE DU VECTEUR ; TIQUES (ACARI : IXODIDAE)**

### **II-1. GÉNÉRALITÉS**

Les principaux vecteurs des hémoparasitoses aux ruminants sont les tiques dures (*Acari : Ixodae*). Ce sont des ectoparasites obligatoires de la plupart des espèces vertébrés terrestres et sont retrouvés pratiquement partout où l'on rencontre ces animaux. Elles ont d'abord évolué sur les reptiles au cours du paléozoïque et du mésozoïque. Avec la diversification des vertébrés survenue lors des époques géologiques ultérieures, elles se sont adaptées à des hôtes nouveaux pour devenir des parasites spécifiques de certaines familles d'oiseaux ou de mammifères en plus de leurs hôtes originels. Approximativement 850 espèces de tiques ont été décrites dans le monde entier (Furman & Loomis, 1984) dont 80 environ ont largement profité des aménagements agricoles et de la domestication animale. Ces activités humaines ont accru la densité des hôtes potentiels dans les zones d'élevage, ce qui a eu pour effet de faciliter la rencontre hôtes-parasites et le déroulement des cycles parasitaires et a causé une explosion de certaines espèces dont l'impact économique est devenu incompatible avec les objectifs de rentabilité des élevages.

L'étude des tiques présente un double intérêt scientifique, d'une part, elles sont susceptibles de transmettre aux vertébrés des agents pathogènes (protozoaires, bactéries et virus) (Combes, 1995) et d'autres parts, leur statut d'ectoparasite permet d'étudier les relations hôtes-parasites (Hoogstaal & Aeschilman, 1982).

### **II-2. LES TIQUES**

#### **II-2-1. Définition**

Les tiques sont des animaux invertébrés à pattes articulées (Arthropodes). Ce sont des acariens de grandes taille (2-30mm) de la classe des arachnides, exclusivement hématophages à tous leurs stades biologiques (Parola et Raoult, 2001 ; Harold et *al.*, 2003).

On distingue deux types de tiques (Figure 12); les tiques dures (*Acari : Ixodae*) ainsi nommées du fait de la présence d'une plaque dorsale dure, elles représentent environ 694 espèces et les tiques molles (*Acari : Argasidae*), qui possèdent un tégument mou et qui infestent surtout les oiseaux et représentent environ 177 espèces connues, (Morel, 1976 ; Harold et *al.*, 2003). Les ruminants sont infestés exclusivement par les tiques dures (*Acari : Ixodidae*)

A.



B.



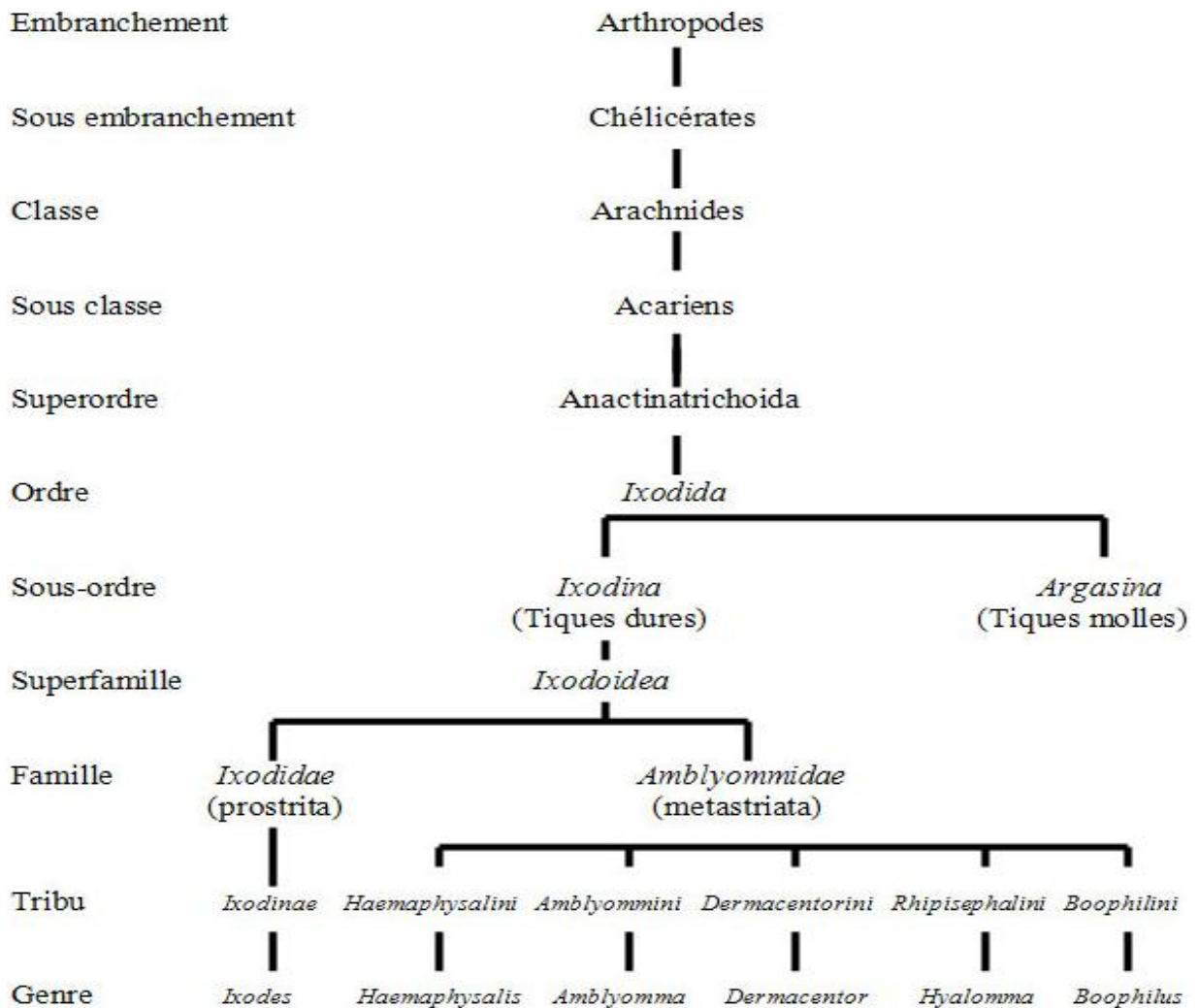
Figure 12 : Photo des deux principales familles de tiques

A : Tique molle (*Acari : Argasidae*)

B : Tique dure (*Acari : Ixodae*)

### II-2-2. Taxonomie

Classification des tiques selon Camicas et Morel (1977) :



### II-2-3. Caractères morphologiques

Les Ixodidés ou tiques dures ont un corps non segmenté, formé de deux parties, à l'avant, le gnathosome ou capitulum, sur la face dorsale se trouve une plaque, le scutum, dont la taille est variable selon le sexe et les espèces. Les pattes sont formées de 6 segments : coxa, trochanter, fémur, patelle, tibia, tarse terminé par une ventouse et 2 griffes (Figure 13).

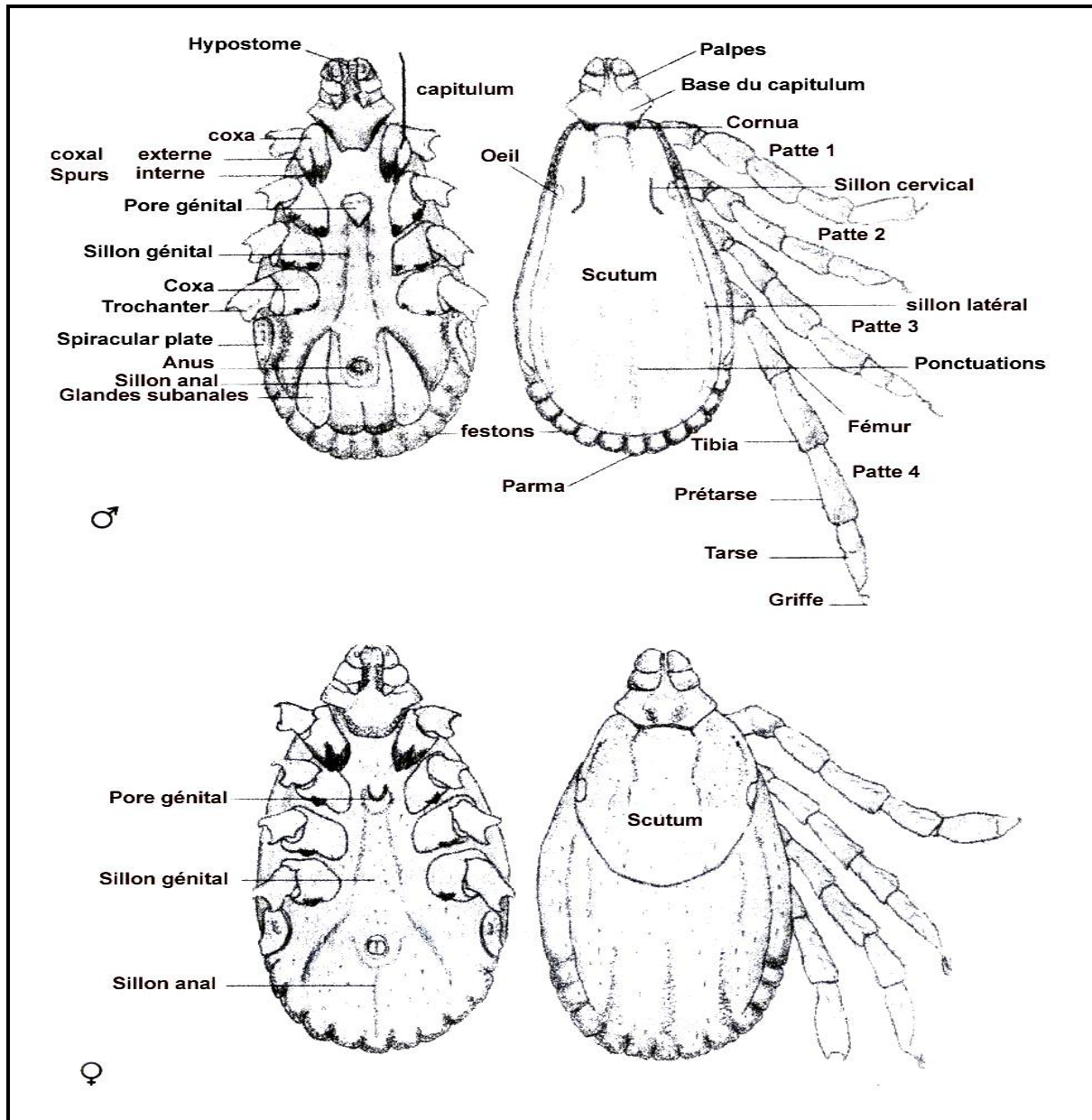


Figure 13 : Schémas de la morphologie d'une tique dure (Estrada-Peña, 1999)

### II-3-4. Importance

Toutes les tiques sont hématophages, et donc potentiellement vectrices de maladies. Mais quelques-unes seulement ont une importance médicale, en raison de la pathologie vétérinaire ou humaine qu'elles occasionnent. Elles transmettent une trentaine d'agents pathogènes, tant virus,

bactéries, que protozoaires. Elles peuvent aussi provoquer un préjudice direct pour l'hôte en induisant une toxicose, des plaies cutanées sujettes aux surinfections bactériennes et aux infestations par les vers ainsi qu'une anémie et la mort (Harold et *al.*, 2003).

Environ 80 % du cheptel mondial est menacé d'infestation par les tiques ou de maladies transmises par les tiques. On estime le coût des opérations de lutte et les pertes de productivité à 7 milliards de dollars par an. Aux États-Unis, les pertes annuelles infligées par les tiques à l'industrie de la production du bétail ont été estimées à 550 millions de dollars (McCosker, 1979 ; Haufe & Weintraub, 1985).

## **II-3. BIOLOGIE DES TIQUES**

### **II-3-1. Particularités biologiques**

Les tiques étant hématophages, elles se fixent en général sur les zones à peau fine de l'hôte. La fixation procède d'abord d'une action mécanique : l'hypostome s'enfonce peu à peu dans l'effraction cutanée déterminée par les mouvements des chélicères et de leurs crochets. La seconde phase est la sécrétion du ciment, la sécrétion salivaire contient notamment cette substance qui ancre solidement les pièces buccales dans la peau permettant une fixation très solide de la tique, ainsi que des enzymes, des substances vasodilatatrices, anti-inflammatoires, anti-hémostatiques et immunosuppressives. Elles facilitent le repas sanguin et des substances anesthésiques rendent la piqûre indolore. Chez certaines espèces, elles contiennent certaines toxines qui peuvent causer une paralysie de l'hôte. La prise de sang se fait ensuite de manière indirecte dans la poche hémorragique résultant de la rupture de capillaires lors de la pénétration des pièces buccales dans l'épiderme (acariens telmophages) (Pérez-Eid & Gilot, 1998). Le repas de sang dure 2 à 15 jours selon l'espèce, le stade, l'hôte et le site d'attachement (Parola & Raoult, 2001), il comporte deux phases essentielles, surtout marquées chez les femelles :

- phase d'engorgement lent et progressif, au cours de laquelle les femelles sont fécondées ;
- phase rapide qui dure généralement de un à trois jours, au cours de laquelle la tique grossit considérablement (Bourdeau, 1993) et peut atteindre jusqu'à 120 fois sa taille initiale.

Les tiques possèdent une activité saisonnière, et la recherche d'un hôte s'effectue lorsque les conditions environnementales sont optimales. Elles sont très sensibles aux stimuli indiquant la présence d'hôtes potentiels, comme le CO<sub>2</sub>, le NH<sub>3</sub>, les phénols, les aromates, mais aussi les vibrations et la température corporelle des animaux à sang chaud. Il y a 2 stratégies de recherche d'hôtes parmi ces tiques :

- stratégie passive ou les tiques attendent en embuscade et à l'affût sur la végétation guettant le passage d'un hôte, leurs pattes avant relevées, pour s'y accrocher ;

- stratégie d'attaque où les tiques sortent de leur habitat et vont vers des hôtes qui sont à proximité et qui les attirent par les différents stimuli.

Certaines espèces utilisent les 2 stratégies. Par ailleurs, certaines espèces de tiques présentent une troisième stratégie de recherche d'hôte : elles vivent dans des terriers ou des nids et attendent le retour de l'animal pour l'infester (Parola & Raoult, 2001).

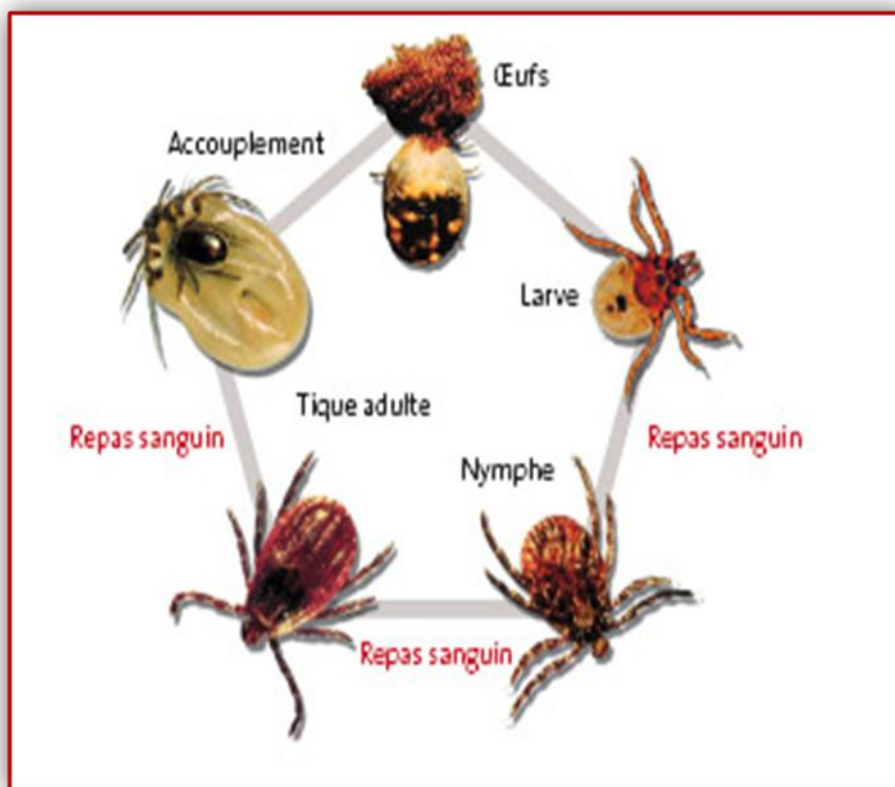
### **II-3-2. Cycle biologique**

La femelle adulte ayant fait son repas sanguin, se détache de l'hôte et cherche un abri naturel pour pondre. Les œufs pondus sont petits, sphériques, et ils sont couverts d'une sécrétion les protégeant de la dessiccation. La période d'incubation des œufs varie principalement avec la température et l'humidité. En hiver, les œufs sont au repos. Les basses humidités et les températures élevées détruisent les œufs (Gardiner & Gray, 1986). Après l'éclosion de l'œuf, la larve hexapode est molle et peu active. Elle ne devient active qu'après le durcissement de sa cuticule. Une fois durcie, elle se met à la recherche de l'hôte. C'est sur ce dernier qu'elle effectue son repas sanguin durant lequel elle augmente de volume, celui-ci est fonction de sa taille à jeun. Une larve qui a terminé son repas se détache sur le sol, elle cherche un abri pour y muer en une nymphe dite à jeun, après un temps variable suivant l'espèce et en fonction de la température. La durée de la mue nymphale varie selon les conditions extérieures et la saison où la larve est active (Gray, 1984 ; Gardiner et Gray, 1986).

Deux semaines après la mue, la nymphe est capable de se gorger (Gardiner & Gray, 1986) et recherche un hôte. Une fois fixée et après un repas sanguin de 3 à 6 jours, la nymphe tombe sur le sol, elle subira alors la mue imaginale, métamorphose qui donnera naissance à un adulte (MacLeod, 1939 ; Milne, 1944 ; Graf et *al.*, 1978; Mehlhorn, 1988). La taille de la tique qui en résultera est en grande partie déterminée par l'augmentation du volume du stade précédent. On pourra donc observer de grosses variations quant à la taille des adultes, suivant les conditions d'engorgement de la larve et la nymphe (Morel, 1981 ; Keirens, 1996).

De la même manière pour les stades précédents, après un repos et le durcissement, les adultes se mettent à leur tour à la recherche d'un hôte. Dans ce cas la durée du repas est plus longue que pour les stades immatures. Les individus sont à présent sexués et on observera une grande différence d'activité entre la femelle et le mâle qui ne se fixera pas sur l'hôte (Morel, 1981). L'accouplement entre mâle et femelle se fait soit au sol, soit le plus souvent sur l'hôte (Morel, 1981). Le mâle se gorge peu, mais n'atteint jamais la taille d'une femelle pleinement engorgée. Son rôle essentiel est de féconder la femelle. Le mâle peut rester quelque temps sur l'hôte, après le détachement de la femelle. En l'absence de fécondation, la femelle ne peut pas

achever son engorgement et ne peut donc pas pondre (Graf, 1974). Une fois fixée sur l'hôte et après une durée d'engorgement de 7 à 13 jours, la femelle tombe sur le sol et pond (Milne, 1944 ; Edwards et Arthur, 1947). Après la ponte la femelle vidée se déshydrate et meurt. Il n'y a donc qu'un seul cycle de reproduction par unité (Morel, 1981).



**Figure 14 : Cycle biologique d'une tique dure (Sanofi, 2013)**

### **II-3-3. Cycle évolutif**

Selon le nombre d'hôtes recherchés par une tique au cours de son développement, on distingue trois types de cycles évolutifs :

- **cycle triphasique** : il correspond au cycle général du développement (Figure 15), il concerne la majorité des tiques. Dans ce cas la tique recherche trois fois l'hôte, au stade larvaire, puis au stade nymphal et enfin au stade adulte. Ces phases parasitaires sont séparées entre elles par deux phases à terre, où se passe la pupaison ;
- **cycle diphasique** : les trois stades du développement se passent sur deux hôtes individuellement différents, pouvant ou non être de la même espèce.
- **cycle monophasique** : tous les stades de développement de la tique se passent sur le même hôte qui n'est quitté par la tique qu'au stade d'adulte engorgé (Morel, 1979, 2000).

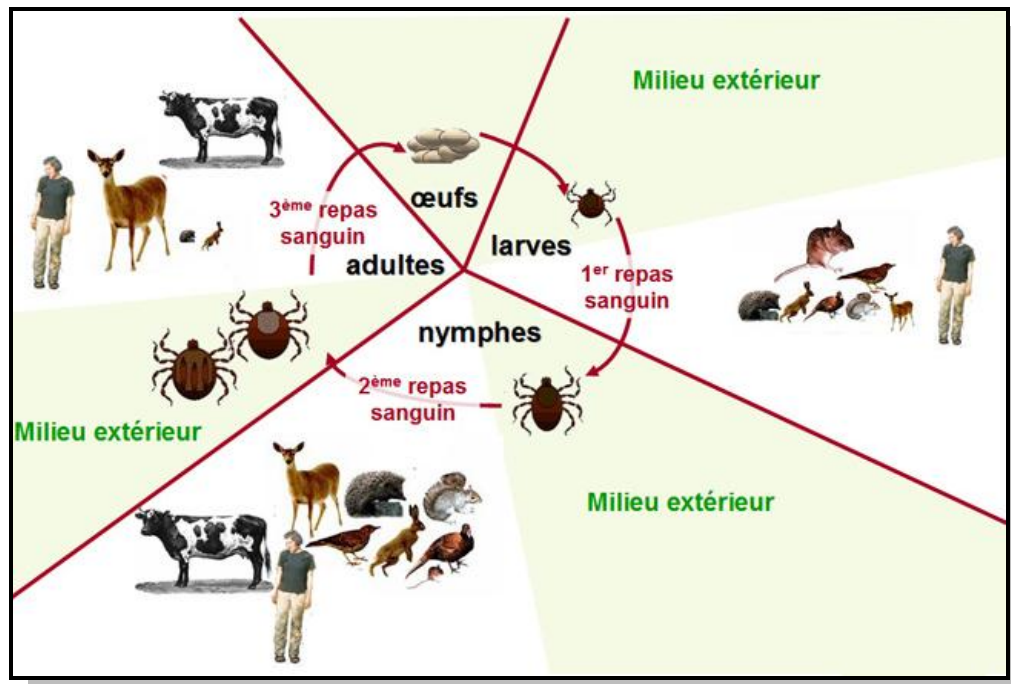


Figure 15 : Cycle évolutif général d'une tique dure (*Ixodes ricinus*) (Vourc'h, 2007)

#### II-3-4. Affinité à l'hôte

Les tiques *Ixodidae* se divisent en trois groupes suivant la similitude ou la différence des choix des immatures et des adultes effectués vis à vis des hôtes disponibles. On reconnaît selon Morel (2000) :

- **espèces monotropes** : les immatures et les adultes parasitent tous une même espèce d'hôte ;
- **espèces ditropes** : les immatures peuvent se rencontrer soit sur les petits mammifères, soit sur les oiseaux, ou les reptiles. Les adultes se gorgent sur les grands mammifères ;
- **espèces polytropes** : les immatures se retrouvent sur les vertébrés terrestres disponibles, bien qu'il y ait une préférence pour un groupe d'hôtes. Les adultes se portent sur les grands mammifères.

#### II-4. ÉCOLOGIE DES TIQUES

Les préférences écologiques des tiques sont variables et chaque espèce de tique a des conditions environnementales optimales et vit dans un biotope particulier (Sonenshine, 1994 ; Parola et Raoult, 2001). Ainsi, chaque espèce présente une distribution géographique particulière. En plus, la vie libre des tiques est fortement liée aux facteurs climatiques : la température est le facteur dynamique essentiel d'organogenèse et d'activité tandis que l'humidité

est un important facteur de survie qui caractérise le biotope. Ainsi, selon le milieu de vie, les espèces de tiques se divisent en deux groupes (Morel, 2000) :

- **tiques endophiles** (ou pholéophiles) : vivent dans des habitats très spécialisés en raison des conditions micro-climatiques qui y règnent, elles infestent l'hôte dans son gîte (terriers, nids), s'y reproduisent et se déplacent peu ;
- **tiques exophiles** : n'ont pas d'habitat aussi spécialisé (forêts, pâturages, prairies ou steppes), l'hôte est infesté suite à un affût sur la végétation et selon le terrain et la végétation, on distingue des tiques xérophiles, hygrophiles, thermophile.

Cependant de nombreuses espèces de tiques sont à la fois endophiles aux stades larvaire et nymphale et exophiles à la stase adulte (Levasseur, 1993).

#### **II-4-1. Écosystème des tiques**

L'écosystème des tiques est un ensemble écologique constitué d'un milieu géophysique abiotique, et d'une biocénose. La biocénose représente l'ensemble des êtres vivants (hôtes) qui peuplent ce milieu, ainsi que leurs interactions. L'apparence d'équilibre naturel que nous pouvons observer autour de nous, n'est que la résultante d'équilibres fragiles, où entrent en compte la nourriture et la compétition avec les autres espèces. L'invasion biologique des tiques à laquelle nous assistons par endroits répond à la rupture de ces équilibres. Elle est la cause directe de l'incidence croissante des maladies liées aux morsures des tiques (George, 2003).

##### **II-4-1-1. Phytocénose**

Durant leur développement et leur quête de nourriture, les tiques ont besoin d'une hygrométrie supérieure ou égale à 80 %. Une telle hygrométrie suppose que les tiques vivent dans des zones possédant une bonne couverture végétale et un épais tapis de feuilles mortes. Ce sont donc les forêts caducifoliées hétérogènes et les écotones hébergeant des petits et des grands mammifères en quantité suffisante qui répondent le mieux aux conditions requises à la prolifération des tiques.

##### **II-4-1-2. Zoocénose**

L'habitat des tiques doit contenir une concentration et une variété suffisantes d'hôtes vertébrés pour pouvoir les nourrir à leurs différentes stases, qu'il s'agisse des larves, des nymphes ou des femelles adultes. Les formes immatures se nourrissent surtout sur les petits vertébrés à sang chaud, de préférence des rongeurs, alors que les adultes se gorgent sur les grands mammifères.

## **II-4-2. Facteurs écologiques agissant sur les tiques**

### **II-4-2-1. Facteurs agissant d'une façon directe**

#### **II-4-2-1-1. Température et humidité**

La température est un facteur dynamique qui agit sur l'évolution de chacune des espèces de tiques ainsi que sur tous les stades de son évolution. En outre, l'humidité influence aussi le développement et la survie des œufs et des tiques à différents stades. Lonsbury (1899) a montré que la durée de la période de développement augmente à basse température. Par ailleurs des observations sur les champs faites par Kraft (1961), montrent que les œufs sont incapables de survivre dans un milieu sec.

#### **II-4-2-1-2. Couvert végétal**

Les Ixodidés, surtout dans leur vie libre, sont étroitement dépendants de leur environnement, alors que les espèces exophiles colonisent une gamme de milieux plus vaste, divers facteurs de l'environnement jouent des rôles importants dans la distribution et l'abondance des tiques, parmi ces facteurs ; le type de végétation, l'étage végétal, la densité de la litière et l'exposition aux irradiations solaires (Belkasmi, 1980).

Bishop et Trembley (1945) rapportent que les grandes populations de tiques sont associées à la forêt, aux broussailles denses et aux cours d'eau, Poluszynski (1954) constate que les tiques sont retrouvées en faible concentration sur les parties basses des arbustes et dans les pâturages non cultivés avec une couche épaisse de plantes décomposées.

#### **II-4-2-1-3. Photo-périodicité**

Il a été montré que l'oviposition des tiques est influencée par la photo périodicité, le pic de l'oviposition quotidien d'*Anacentor nitens* est significativement affecté par différents régimes d'éclairement (Wright, 1969a). La photo périodicité est aussi un facteur critique pour déclencher la diapause chez les larves des tiques d'hivers tel *Dermacentor albipictus* (Wright, 1969 b).

### **II-4-2-2. Facteurs agissant d'une manière indirecte**

Ces facteurs agissent en modifiant l'écosystème provoquant ainsi soit des conditions favorables ou défavorables au développement des tiques.

#### **II-4-2-2-1. Agriculture**

L'agriculture moderne n'est pas favorable à l'épanouissement des petits mammifères et des tiques, les remembrements ont provoqué des défrichages massifs qui ont détruit une part de leur habitat.

#### **II-4-2-2-2. Sylviculture**

L'augmentation des surfaces de forêts est un facteur très favorable au développement des animaux servant d'hôtes pour les tiques (Ouhelli, et *al.*, 1985; George et Chastel, 2002).

#### **II-4-2-2-3. Aménagement du territoire**

La création de grandes retenues d'eau (Barrages) servant à alimenter les canaux d'irrigation destinés à l'agriculture, et à alimenter les villes en eau potable, provoque la création de microclimats autour d'elles, sur des franges de plusieurs kilomètres transformant des zones classées auparavant comme arides ou semi-arides en zones humides et sub-humides favorisant ainsi l'apparition et la prolifération de nombreuses espèces de tiques.

#### **II-4-2-2-4. Chasse**

Avec la disparition des grands prédateurs, la gestion des grands mammifères est devenue exclusivement humaine. La prolifération des ongulés représente le facteur essentiel de la prolifération des tiques, de plus, la limitation des prédateurs a parallèlement favorisé un accroissement des populations de petits mammifères sur lesquels elles se nourrissent à leurs stades immatures (George et Chastel, 2002).

#### **II-4-2-3. Facteurs naturels**

Le réchauffement planétaire global du climat élargit la période d'activité des tiques et modifie leur comportement selon l'hygrométrie comme il influe sur l'extension de leur aire de répartition géographique (Walker et Dumler, 1996).

### **II-5. EFFET PATHOGÈNE DES TIQUES**

Les *Ixodidae* jouent un double rôle dans la pathologie animale. D'une part, ils causent des lésions mécaniques de la peau qui peuvent s'aggraver par des surinfections bactériennes et en même temps ils inoculent par l'intermédiaire de leur salive des toxines qui agissent sur l'organisme de l'animal parasite. D'autre part, les tiques infectées sont responsables de la transmission de divers agents pathogènes aux animaux domestiques, entre autres des protozoaires (Harold et *al.*, 2003).

## **II-5-1. Effet pathogène direct**

### **II-5-1-1. Lésions de la fixation et leurs complications**

Le point de fixation de la tique est le siège d'une cytolyse prurigineuse. Autour de la lésion il y a formation locale d'une boursoufflure congestive douloureuse et œdémateuse. Uzakov (1963) a montré que l'épithélium lésé renferme des zones nécrotiques et des hémorragies focales. Le canal de pénétration de l'hypostome est entouré par des cellules tissulaires présentant des modifications nucléaires et une accumulation des cellules lymphoïdes, des polynucléaires et des fibroblastes.

Après le détachement de la tique, la lésion évolue souvent vers la guérison. Tout d'abord l'inflammation régresse, ensuite, il y a formation de croûtes jaunâtres qui disparaissent et laissent place à un épaissement de la peau et une alopécie. Cependant des complications peuvent être à l'origine de dommages directs causés par la tique chez l'animal parasité. On peut assister à de véritables dermites papuleuses observées surtout dans le cas de parasitisme par des larves et les nymphes dont la fixation est superficielle.

En plus, et lors d'infestation massive où des zones entières du corps deviennent douloureuses et prurigineuses, on peut assister à une irritation et un grattage quasi constant de l'animal qui néglige alors son alimentation, maigrit et devient, dans le cas des animaux de rente, une non-valeur économique (Poncelet, 1993).

### **II-5-1-2. Toxicoses**

Elles sont dues à des toxines présentes dans la salive des tiques : on distingue les toxines neurotropes (provoquant la paralysie), les toxines dermatotropes et viscérotropes (entraînant la dyshydrrose), et les toxines hémotropes, avec possibilité d'ictères (Bourdeau, 1982).

### **II-5-1-3. Paralysie**

La toxine responsable pourrait être d'origine ovarienne. Dans la plupart des cas, la paralysie est observée entre le troisième et le cinquième jour après la fixation des tiques, au moment où l'engorgement est rapide.

Au cours de son évolution, la paralysie remonte progressivement le long des nerfs. Arrivée à la région médullaire, elle se propage et la mort du sujet survient suite aux troubles cardiaques et respiratoires, consécutifs à l'atteinte du système sympathique. Si la tique est retirée avant l'aggravation des symptômes, la maladie régresse et disparaît rapidement (Belkasmi, 1980).

#### **II-5-1-4. Dyshidrose**

Elle se manifeste chez l'animal atteint par une hypersécrétion, en particulier le larmolement et la salivation ; une déshydratation intense liée à une grande sudation (l'animal est couvert de sueur), une diarrhée profuse, une inflammation de toutes les muqueuses à savoir la conjonctivite, la rhinite, la pharyngite, la vaginite et une atteinte cutanée qui se traduit par un eczéma humide généralisé. Cette maladie touche en Afrique les veaux et les moutons parasités par certaines variétés de *Hyalomma truncatum* (Belkasmi, 1980).

#### **II-5-2. Effet pathogène indirect**

Les tiques ont un rôle vecteur pour un très grand nombre de germes pathogènes, au cours de leur cycle évolutif, ils sont au contact de très nombreux virus, germes et parasites, et chaque espèce est susceptible de transmettre un groupe de germes assez varié (Bourdeau, 1993a). La transmission vectorielle d'une maladie à un hôte vertébré réceptif nécessite qu'un ensemble de conditions soit réuni. La présence d'un vertébré et d'un vecteur, sont des conditions nécessaires, mais pas suffisantes. Il faut que l'agent pathogène puisse être transmis efficacement, ce qui suppose un vecteur compétent, ayant une capacité vectorielle et une densité de population suffisante.

##### **II-5-2-1. Transmission des agents pathogènes**

Le contact initial de la tique avec l'agent pathogène se produit lorsque le repas de sang arrive dans l'intestin. Les cellules intestinales s'infestent et deviennent alors, dans la plupart des cas, une source de contamination pour d'autres tissus, puisque le tube digestif des tiques est très dilaté et en contact avec d'autres organes. Ce processus favorise leur rôle de réservoir, renforcé d'ailleurs par la survie possible des agents pathogènes au cours de la mue (Bourdeau, 1993a).

Pour un grand nombre d'agents (bactéries, virus), la tique s'infecte à une stase immature et transmet l'agent pathogène à un nouvel hôte à la stase adulte. On parle de transmission intra cyclique ou trans-stadiale. Il y a également possibilité de passage des agents infectieux dans les œufs, ce qui provoque une infection des stases de la génération suivante. On parle de transmission transo-varienne.

##### **II-5-2-2. Transmission des hémoparasitoses**

###### **II-5-2-2-1. Transmission de la theileriose bovine**

*Theileria* est un protozoaire qui se multiplie dans les cellules lymphocytaires et dans les érythrocytes. Une larve ou une nymphe qui se gorge sur un bovin malade, s'infecte en ingérant des trophozoites contenus dans les hématies. Les éléments parasitaires qui parviennent à

traverser l'épithélium digestif de la tique se retrouvent dans les acini salivaires où ils augmentent de taille et distendent ceux-ci. Le développement des theiléries s'arrête au moment de la mue larvaire ou nymphale et reprend au début du repas du stade suivant chez la nymphe ou l'adulte, il en résulte des schizontes qui donnent des Mérozoïtes métacycliques infectants. Ces derniers passent ensuite, dans la lumière des acini pour être inoculés à un nouvel hôte réceptif. Il s'agit donc chez la tique, d'une transmission trans-stadiale. Cependant seuls les adultes, et uniquement ceux infectés au stade nymphal, transmettent les theiléries aux bovins (Belkasmî, 1980).

#### **II-5-2-2-2. Transmission de la babésiose bovine**

*Babesia* est un parasite protozoaire qui se multiplie dans les hématies des animaux réceptifs. Au cours de son engorgement sur un animal malade, la tique adulte s'infecte à partir des hématies contenant des protozoaires. Les éléments parasitaires se multiplient par la suite dans les cellules épithéliales du tube digestif de la tique. Ils migrent à travers le corps de la tique. Arrivés dans l'hémolymphe, ils passent dans l'ovaire où ils se multiplient une deuxième fois. Au moment de la ponte, les babésies se retrouvent dans l'œuf qui les transmet à la larve. La larve, la nymphe ou l'adulte, issus d'une femelle adulte infectée au cours de la génération précédente portent des formes de parasites infectantes prêtes à être inoculées à l'hôte. Contrairement à la theilériose, la transmission de la babésiose chez les *Ixodidae* est transovarienne (Belkasmî, 1980).

#### **II-5-2-2-3. Transmission des infections bactériennes**

Parmi les infections bactériennes transmises aux bovins par les tiques, citons les rickettsioses (bactéries de l'ordre des *Rickettsiales*) comme l'anaplasmose (*A. marginale*), l'Ehrlichiose (*A. phagocytophilum*) et la fièvre Q (*Coxiella burnetii*) (Collin, 2003 ; Joncour, 2003 ; Liz, 2003). L'ehrlichiose et la fièvre Q sont d'ailleurs des zoonoses (Brouqui, 2003), tout comme la maladie de Lyme (*Borrelia burgdorferi*, *afzelii* et *garini* en Europe) et la tularémie (*Francisella tularensis*) qui peuvent être transmises à l'homme par certaines tiques infestant communément les bovins (Collin, 2003 ; Joncour, 2003 ; Liz, 2003).

#### **II-5-2-2-4. Transmission des arbovirus**

Les ruminants sont également sensibles à certains virus transmis par les tiques comme les agents du *louping-ill* entraînant une encéphalomyélite chez le mouton ou encéphalite à tique, qui sont aussi les agents de zoonoses (Hillyard, 1996 ; Pérez-Eid et Gilot, 1998).

## II-6. TIQUES INFESTANT LES RUMINANTS AU MAROC

le Maroc héberge 28 espèces de tiques dont 14 espèces appartenant à cinq genres (*Hyalomma*, *Rhipicephalus*, *Ixodes*, *Haemaphysalis* et *Dermacentor*) de la famille des Ixodidés, infestent les bovins (Bailly-Choumara et al., 1976).

### II-6-1. Genre *Hyalomma*

Il existe une trentaine d'espèces de tiques appartenant au genre *Hyalomma* (Koch, 1844), parasites d'ongulés en Eurasie et en Afrique (Bourdeau, 1993b). Les tiques *Hyalomma* sont souvent les parasites du bétail et sont plus abondants dans les biotopes chauds, arides, et semi-arides. Le cycle de vie à 3 hôtes prédomine dans ce genre, mais certaines espèces ont un cycle à 1 ou à 2 hôtes (Harold et al., 2003). Au Maroc, 6 espèces d' *Hyalomma* infestent les ruminants :

- ***H. marginatum*** (Koch, 1844) : c'est l'une des espèces les plus importantes de *Hyalomma* dans la région méditerranéenne. Cycle biologique diphasique, la larve se nourrit sur un hôte, un oiseau en général, et se métamorphose en nymphe sur l'animal, la nymphe se nourrit alors sur le même hôte. Les adultes parasitent un second hôte, le plus souvent un grand mammifère domestique (surtout les Ongulés). Ces tiques peuvent donc être transportées sur de longues distances, car le cycle étant diphasique, les larves restent sur l'hôte (Hoogstraal, 1956 ; Hillyard, 1996).
- ***H. Scupense*** (= *H. detritum detritum*, Schulze, 1919): c'est une tique à vie domestique. Elle se rencontre dans les étables, dans les fentes, les crevasses des murs, des rochers et des pierrailles. *H. scupense* est le vecteur majeur de *Theileria annulata* dans certaines zones de l'Afrique du Nord et il est important de le distinguer des autres *Hyalomma* avec lesquels il coexiste (Estrada-Peña et al., 2004). Elle possède un cycle biologique diphasique généralement monotrope dont le cycle complet se déroule en une année (Estrada-Peña et al., 2004). Les bovins domestiques sont les hôtes habituels de cette espèce (Harold et al., 2003).
- ***H. excavatum*** (Koch, 1844) : peut se comporter comme une tique diphasique ou triphasique selon la disponibilité des hôtes (Hoogstal et Kaiser, 1959 ; Estrada-Peña et al., 2004). Les bovins, les moutons, les chèvres, les dromadaires, les chevaux et les ânes sont les hôtes des adultes de cette tique. Ils se fixent, pour se nourrir, au niveau du train postérieur de leurs hôtes (périnée, mamelle). Les larves et les nymphes se gorgent sur les lièvres, les hérissons, et les rongeurs,

notamment les gerbilles et les mérions. (Estrada-Peña et al., 2004), En outre, les oiseaux sauvages peuvent servir d'hôtes aux stades immatures (Ouhelli, 1985).

- *H. lusitanicum* (Koch ,1844): c'est une espèce à cycle triphasique, ditrope dont la distribution est liée à celle du lapin de garenne sur lequel se gorgent les stases immatures. Les adultes sont trouvés sur les bovins, les cerfs et autres ruminants. Les immatures sont parasites des petits mammifères, plus particulièrement les lapins (Harold et al., 2003). Cette espèce peut être abondante dans les zones où les bovins et les lapins sont les seuls hôtes disponibles (Estrada-Peña et al., 2004). Les larves et les nymphes se rencontrent principalement sur les oreilles des rongeurs (Harold et al., 2003).

- *H. dromedarii* (Koch ,1844): est connue comme la tique du dromadaire. C'est l'espèce typique associée au dromadaire d'où son nom (Estrada-Peña et al., 2004). Le cycle de développement de *H. dromedarii* est de type diphasique ou triphasique (Estrada-Peña et al., 2004) selon les conditions climatiques (chaleur, sécheresse...) (Belkasmî, 1980). Les dromadaires sont les hôtes préférentiels de *H. Dromedarii*, mais les bovins, les moutons, les chèvres, les ânes et les chevaux peuvent également être infestés par cette tique (Estrada-Peña et al., 2004).

- *H. impeltatum* (Koch ,1844): dans les conditions de laboratoire, cette tique à un cycle triphasique (Estrada-Peña et al., 2004). Tous les grands ongulés domestiques peuvent servir d'hôtes pour les adultes de cette tique, plus particulièrement les bovins et les ovins chez qui des infestations massives peuvent être observées. Les dromadaires sont également souvent infestés par cette espèce. Les stades immatures se gorgent sur les petits animaux comme les rongeurs et les lapins (Estrada-Peña et al., 2004).

#### **II-6-2. Genre *Rhipicephalus***

Les adultes de la majorité des espèces de ce genre parasitent les artiodactyles sauvages et domestiques, les périssodactyles ou les carnivores. Les formes immatures se nourrissent essentiellement sur des mammifères plus petits, cependant, parmi celles qui parasitent les rongeurs et celles qui parasitent les artiodactyles, quelques unes se nourrissent sur le même hôte que les adultes. Le cycle de vie de la majorité des Rhipicéphalidés est à 3 hôtes. Au Maroc, quatre espèces ont été signalées : *R. bursa*, *R. sanguineus*, *R. turanicus* et *R. (Boophilus) annulatus* (Bailly-Choumara, 1976) :

- ***R. sanguineus*** (Latreille, 1806) : aussi connue sous le nom de «la tique des chenils», cette espèce est devenue la tique la plus répandue dans les régions tropicales et subtropicales en raison de son tropisme particulier pour le chien domestique (Estrada-Peña et *al.*, 2004). Le cycle de *R. sanguineus* est triphasique, il est étroitement lié au chien et l'accouplement a lieu sur l'hôte (Hillyard, 1996), et il peut être complété en 10 semaines dans les conditions optimales. Plus d'un cycle complet par an est possible (Estrada-Peña et *al.*, 2004). Le Chien est l'hôte principal de tous les stades de *R. sanguineus*, ensuite viennent les bovins, les ovins, les caprins, les camelins, les chats et les renards.
  
- ***R. bursa*** (Canestrini et Fanzago, 1877) : c'est est une espèce commune de *Rhipicephalus* des ruminants dans la région Méditerranéenne (Estrada-Peña et *al.*, 2004). C'est une espèce à cycle diphasique, monotrope et exophile (Bourdeau, 1993b), qui évolue naturellement sur les ruminants. Il y a suppression de la phase libre entre la larve et la nymphe avec mue sur l'organisme hôte (Dellac, 1999), avec un seul cycle complété par an (Estrada-Peña et *al.*, 2004). Les immatures et les adultes infestent le même type d'hôte : les ruminants et les équidés (Bourdeau, 1993b ; Estrada-Peña et *al.*, 2004).
  
- ***R. turanicus*** (Lototzki, Pomerantzev, Matikasvili, 1940) : c'est une tique typique du bétail, son spécifique nom réfère au Turkestan, près de la mer Caspienne (Estrada-Peña et *al.*, 2004). *R. turanicus* présente un cycle triphasique ditrope (qui pourrait être dans certains cas diphasique), les larves et les nymphes évoluent sur le même hôte. Les immatures sont principalement retrouvés sur les rongeurs et les insectivores, alors que les adultes sont retrouvés sur les artiodactyles (Bovin, Mouton, Chèvre, Chameau, Porc, Sanglier...), les carnivores (Chien, Renard), les périssodactyles (Cheval et Âne), les rongeurs, les insectivores (Hérisson) et les lagomorphes (Lièvre) (Elfassy, 1993).
  
- ***R. (Boophilus) annulatus*** : tique à cycle monophasique, c'est par excellence un parasite des ruminants, surtout des bovins (Fahmy et *al.*, 1981). Infeste principalement les bovins, et occasionnellement les ovins, les caprins, et les ongulés sauvages, les sites d'attachement préférés par cette tique sont la tête, les oreilles, les membres, le ventre, l'encolure et le fanon, mais pendant les infestations massives, ces tiques peuvent être trouvées au niveau du quartier postérieur et sur les épaules (Estrada-Peña et *al.*, 2004). Les larves et les nymphes sont trouvées dans le conduit auditif externe (Harold et *al.*, 2003).

### II-6-3. Genre *Ixodes*

C'est le plus grand genre de la famille des Ixodidés, qui comprend 220 espèces et qui est extrêmement spécialisé structurellement et biologiquement. Toutes les espèces d'*Ixodes* ont un cycle de vie à 3 hôtes. Elles habitent presque toutes des régions forestières tempérées ou tropicales ou des prairies boisées ou couvertes d'arbustes, les hôtes sont une grande variété d'oiseaux et de mammifères et quelques reptiles. La plupart des espèces parasitent des hôtes qui construisent des terriers ou qui retournent régulièrement dans des cavernes, des antres, ou des colonies de nidification terrestres ou arboricoles, ils sont d'importants parasites et vecteurs de germes infectant le bétail et l'homme (Harold et *al.*, 2003). Au Maroc une seule espèce de *Ixodes* a été signalée (Bailly-Choumara, 1976) :

- *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) : il s'agit de la tique la plus commune de l'Europe du nord-ouest et son aire de répartition s'étend de l'Islande à l'Asie centrale, en passant par les montagnes de l'Atlas (Hillyard, 1996 ; Harold et *al.*, 2003). C'est une tique à cycle triphasique, télotrope tout les stades se gorgent chacun une fois sur un hôte différent et le cycle se déroule en 2 à 6 ans en fonction des latitudes et des conditions climatiques (Gardiner et *al.*, 1981). Les immatures parasitent principalement les rongeurs, les insectivores, les Mustélidés ainsi que les oiseaux, notamment les Galliformes et les Passériformes (Morel, 1980). Les adultes ont une sélectivité bien plus restreinte que les immatures, leurs hôtes sont les ongulés sauvages ou domestiques et secondairement les carnivores de grande taille. Parmi les ongulés domestiques, ils ont une préférence pour le mouton, la chèvre, et le bovin en plus du cheval, du chien du chat et du furet. Tous les stades, en particulier les nymphes et les adultes, parasitent l'homme (Harold et *al.*, 2003).

### II-6-4. Genre *Haemaphysalis*

On compte des 155 espèces de *Haemaphysalis* quelques unes parasitent les ruminants, et celles-ci sont importantes sur le plan économique en Eurasie, en Afrique, et en Australie. Au Maroc, deux espèces parasitent les bovins, ovins et caprins (Bailly-Choumara, 1976) :

- *Haemaphysalis punctata* (Canestrini et Fanzago, 1872) : c'est une espèce à cycle triphasique télotrope (Morel, 1976), qui présente une grande analogie avec celui d'*Ixodes ricinus* (Cotty et *al.*, 1986). Les stades immatures sont relativement ubiquistes, avec une préférence pour les petits mammifères. Des larves ont été signalées sur des lézards. Et les nymphes peuvent aussi s'attaquer occasionnellement à des chèvres, bovins, moutons, chevaux, chiens, renards, belettes et blaireaux (Herbert et *al.*, 1981 ; Hillyard, 1996). Les adultes ne parasitent que des mammifères

de grande taille, principalement des ongulés (Bailly-Choumara et al, 1976 ; Elfassy, 1993) incluant les bovins, les chameaux, les porcs, les chiens, les chèvres, les ânes et les chevaux.

- *Haemaphysalis sulcata* (Canestrini & Fanzago, 1877) : tique à un cycle Triphasique polytrophe (Sartbayev, 1959 ; Estrada-Peña et al., 2004). Les tiques immatures sont retrouvées principalement sur des reptiles comme les lézards, alors qu'on retrouve les adultes sur les ongulés, principalement les ovins, les bovins et les caprins mais aussi sur les chiens. Les adultes se fixent sur le cou, les épaules et le postérieur de l'animal. Les nymphes et les larves se fixent sur les lézards (Estrada-Peña et al., 2004). Les adultes sont actifs en automne et en hivers entre Octobre et Mars. Les nymphes et les larves sont actives au printemps et en été (Avril- Juillet) (Estrada-Peña et al., 2004).

#### **II-6-4. Genre *Dermacentor* (Koch, 1844)**

Il y a 30 espèces de *Dermacentor* connues dans le monde, au Maroc seul une espèce existe : *Dermacentor marginatus*.

- *D. marginatus* ( Sulzer, 1776 ) : tique des chiens à cycle triphasique, c'est une tique des bois et des montagnes rocheuses des étages bioclimatiques humide et sub-humide. Elle parasite les chiens, mais peut aussi parasiter les ongulés. Sa période d'activité est en fin d'automne. Au Maroc elle a été signalée au Moyen Atlas occidental, Rif , Tangérois ; Jbalas (Bailly-Choumara et al., 1974).

**CHAPITRE III :**  
**MÉTHODES DE DIAGNOSTIC DES HÉMOPARASITOSE DES**  
**RUMINANTS**

**III-1. GÉNÉRALITES**

Il existe deux types de méthodes utilisés pour le diagnostic des maladies transmises par les tiques sont :

- méthodes de diagnostic direct : consistent à mettre en évidence la présence de l'hémoparasite directement dans le sang ou dans des organes de l'animal et dans les tissus des tiques Ex : diagnostic microscopique et le diagnostic moléculaire (PCR) ;
- méthodes de diagnostic indirect : consistent à mettre en évidence la présence dans le sang des animaux d'anticorps dirigés contre les hémoparasites Ex : diagnostic sérologique (ELISA, L'immunofluorescence, Le test de fixation du complément et le test d'agglutination.

**III-2. LES MÉTHODES DE DIAGNOSTIC INDIRECT**

Ce type de diagnostic repose non pas sur la détection de l'agent pathogène lui-même, mais sur la détection des effets produits par cet agent pathogène dans l'organisme de l'hôte. Ces effets consistent principalement en la réponse immunologique de l'hôte, avec formation d'anticorps. La recherche de ces anticorps peut s'effectuer selon plusieurs procédés ; les tests les plus employés sont (Ambrosio et De Waal, 1990) :

- ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*)
- Agglutination
- Test de fixation du complément
- Immunofluorescence

**III-2-1. Tests ELISA**

Les tests ELISA sont des tests de diagnostic basés sur une réaction enzymatique colorée pour déceler la réaction entre un antigène et un anticorps spécifique, l'un des deux étant adsorbé sur une phase solide. Les avantages de ces tests sont leur haute sensibilité et spécificité, l'objectivité de leur lecture (qui se fait par mesure de densité optique), ainsi que la possibilité d'automatiser ces tests, ce qui permet de tester de nombreux prélèvements en un temps restreint (Stiller, 1990). De nombreux formats de réactions ont été mis en place :

### **III-2-1-1. ELISA indirect**

L'antigène de l'agent pathogène recherché est adsorbé directement sur la surface de la plaque ELISA. Le sérum à tester est versé sur la plaque, puis la plaque est rincée après une heure de façon à éliminer les anticorps non liés aux antigènes adsorbés. Puis un anticorps spécifiquement dirigé contre l'anticorps recherché est versé sur la plaque. Cet anticorps est lié à une enzyme qui transforme un substrat réagissant avec un réactif coloré. Les anticorps non fixés sont éliminés par rinçage, puis le substrat et le réactif coloré sont ajoutés. L'apparition d'une coloration indique un résultat positif (Pillot et Peltier, 1985). L'intensité de la coloration peut être mesurée par densité optique. Cette technique permet par exemple de caractériser la classe d'anticorps (IgG, IgM ou IgA).

Les limites de cette méthode sont l'interférence avec des protéines contaminantes, et une possible modification de conformation de l'antigène adsorbé (Diallo, 1992). D'autre part, la spécificité de ces tests ELISA est d'autant plus élevée que les antigènes utilisés sont spécifiques de l'agent recherché, d'où l'intérêt des anticorps monoclonaux qui ne se lient qu'à un épitope antigénique spécifique de l'agent en question.

### **III-2-1-2. CELISA ou ELISA par compétition**

Cette technique utilise un antigène recombinant et deux anticorps dont l'un provient du sérum à tester et l'autre est un anticorps monoclonal de souris. Ce dernier est spécifique de l'antigène recombinant. Tous les deux entrent en compétition du site antigénique. La fixation de l'anticorps monoclonal est révélée à l'aide d'un « conjugué » ; il s'agit dans le cas général, de l'association entre une enzyme, la phosphatase alcaline et un anticorps monoclonal.

L'activité enzymatique de la phosphatase alcaline est révélée à l'aide d'un substrat qui lui est spécifique ; il y a variation de la couleur de ce dernier. La réaction dans ce cas est considérée négative. Elle serait positive si la présence des anticorps dans le sérum à tester inhibait l'interaction de l'anticorps monoclonal avec l'antigène recombinant. Cette réaction est réalisée dans des cupules de plaques à microtitration et la lecture se fait de façon précise à l'aide d'un spectrophotomètre, avec une longueur d'onde donnée. On enregistre alors la densité optique donnée par le sérum dilué, en présence des autres réactifs. Immédiatement après l'addition de la solution d'arrêt, la plaque est lue sur un spectrophotomètre pour plaque ELISA.

### **III-2-1-3. Dot-Immunobinding Assay (DIA)**

Il s'agit d'un test ELISA où la plaque de polystyrène est remplacée par une membrane de nitrocellulose. En effet, le pourcentage de fixation des antigènes et des anticorps sur la plaque de polystyrène est faible (10 %), et de plus des interactions protéiques peuvent modifier la conformation de ces protéines, diminuant ainsi la spécificité du test. On ne rencontre pas ces inconvénients si on lie les réactifs à une membrane de nitrocellulose, où le pourcentage de fixation des antigènes ou anticorps concernés est proche de 100 %.

Les procédures de tests sont similaires entre DIA et ELISA, mais la quantité de réactifs nécessaires est inférieure avec le test DIA.

### **III-2-1-4. ELISA à immunofluorescence**

La réaction colorimétrique peut être remplacée par un marquage fluorescent ; le résultat doit alors être lu sous un microscope à fluorescence. Il s'agit donc d'une manipulation plus lourde qu'avec l'ELISA colorimétrique. Ces tests ELISA existent pour le diagnostic de l'anaplasmose, de la babésiose, la cowdriose, la theilériose, la toxoplasmose, etc.

## **III-2-2. Réactions de précipitation et d'agglutination**

### **III-2-2-1. Réaction de précipitation**

Le phénomène de précipitation se produit lorsque l'on met en contact des quantités convenables d'un antigène soluble avec son anticorps homologue, dans des conditions favorables à la réaction. Cette réaction se fait soit en milieu liquide soit en milieu gélifié. Le temps de réaction varie de moins d'une heure à plusieurs jours. Cette précipitation est visualisée par l'apparition d'un liseré de précipitation ou d'une floculation. Le test de précipitation se réalise en tube ou sur plaques de gélose ; on observe l'apparition d'une ligne de précipité s'il y a reconnaissance entre l'antigène recherché et le sérum testé. La lecture peut se faire soit à l'œil nu, soit avec des appareils tels que le néphélomètre ou turbidimètre.

C'est une réaction de base en immunologie qui a permis de faire l'étude analytique des Ig et l'inventaire des déterminants antigéniques portés par un même antigène. Elle est très spécifique, mais assez peu sensible (elle nécessite des quantités relativement importantes d'anticorps).

### **III-2-2-2. Réaction d'agglutination**

Il s'agit d'un cas particulier de la réaction de précipitation. L'agglutination se produit lorsque l'on met en présence un antigène particulaire (bactéries, globules rouges...) avec l'anticorps correspondant. Cette réaction est rapide (quelques minutes) et visible à l'œil nu.

L'agglutination est une réaction simple et sensible ; sa sensibilité est de 100 à 1000 fois supérieure à celle de la précipitation car les particules agglutinables étant volumineuses, elles nécessitent moins d'antigènes et d'anticorps pour pouvoir être détectées.

### **III-2-3. Réaction de fixation du complément**

Au cours de la réaction antigène-anticorps (Ag-Ac), les protéines du système du complément sont successivement fixées et activées par le complexe Ag-Ac, qui de ce fait ne peut plus lyser un couple hématie-hémolysine. Ainsi si l'anticorps recherché est présent dans le sérum testé, il y a inhibition de l'hémolyse, car le complément n'est plus disponible pour se fixer sur le couple hématie-hémolysine. Dans la réaction de la fixation du complément, on met à profit la non spécificité du complément pour détecter la présence d'un Ac, de manière indirecte.

### **III-2-4. Réaction d'immunofluorescence**

La technique d'Immunofluorescence indirecte sert quant à elle à détecter des anticorps. On verse le sérum à tester sur les antigènes de l'agent pathogène considéré, puis on détecte la fixation des anticorps cherchés par l'ajout d'antiglobulines se fixant sur ces anticorps, ces antiglobulines étant marquées par un colorant fluorescent. Après rinçage, on détecte la présence de ces antiglobulines sous microscope à ultraviolets : une fluorescence indique la présence des anticorps recherchés.

### **III-2-5. Avantages et inconvénients des méthodes de diagnostic indirect**

Ces méthodes se révèlent particulièrement commodes pour le diagnostic en série d'un grand nombre d'échantillons et sur le terrain (en particulier les tests ELISA et les tests d'agglutination). Cependant, la sensibilité-spécificité de ces tests dépend :

- d'une part des antigènes utilisés : un antigène recombinant donnera une grande spécificité au test, alors qu'un antigène natif confèrera au test une forte sensibilité, au détriment de la spécificité ;
- d'autre part, certaines situations pouvant entraîner des :
  - résultats faux positifs : ces résultats sont dus à un test dont la spécificité est insuffisante, entraînant la reconnaissance d'autres agents pathogènes ;
  - résultats faux négatifs : ces résultats peuvent apparaître chez un individu en début d'infection, n'ayant pas encore élaboré une réponse immunologique ou chez un individu ne pouvant pas élaborer une réponse immunologique, suite à un âge insuffisant, à une immunodépression, ou à un âge trop important.

### III-3. MÉTHODES DE DIAGNOSTIC DIRECT

#### III-3-1. Diagnostic par inoculation.

L'une des techniques de diagnostic utilisable est celle de l'inoculation de l'agent pathogène à un animal témoin, sain et sensible. Il s'agit de prélever chez l'animal malade un échantillon (par exemple du sang) susceptible de renfermer l'agent pathogène, que l'on injecte alors chez un animal sain, afin d'observer l'apparition de symptômes caractéristiques de la maladie. Dans de nombreux cas, il est plus judicieux de remplacer ce test par la culture in vitro de l'agent pathogène (par exemple pour la recherche de la babésiose, sauf pour détecter les animaux porteurs latents d'agents pathogènes non cultivables (comme par exemple pour l'anaplasiose).

#### III-3-2. Diagnostic par microscopie

Les méthodes de diagnostic les plus classiques sont celles basées sur l'étude de la morphologie de l'agent pathogène. En effet, la morphologie reste la base de l'identification et de la taxonomie des différentes espèces vivantes. De plus, cette technique se révèle souvent peu chère et facilement exploitable sur le terrain (notamment dans le cas de diagnostic par microscope optique). Cette technique permet d'identifier les parasites sanguins tels que *Theileria*, *Babesia* et *Anaplasma*, on utilise soit des frottis sanguins ou des gouttes épaisses colorées et lues au microscope.

#### III-3-3. Diagnostic par les protéines

L'analyse des protéines est souvent utilisée pour différencier et identifier des parasites ou pour mener des recherches phylogéniques sur ces derniers. Cette analyse consiste soit en un séquençage des protéines, soit en une électrophorèse de ces protéines afin d'établir un profil électrophorétique de l'organisme en question (Mac Manus et Bowles, 1996).

#### III-3-4. Electrophorèse des protéines

On considère que le profil électrophorétique des enzymes et autres protéines d'un individu est caractéristique de cet individu. Le principe de cette méthode consiste à faire migrer les protéines dans un gel soumis à un champ électrique. Seules les différences de charges (déterminées par les acides aminés composant la protéine) entre les protéines peuvent être détectées à l'aide de cette méthode, bien que la taille des protéines ait une influence sur cette migration. Pour optimiser la détection des faibles variations de charges, on a recours à des modifications du pH ou de la concentration de gel. Malgré tout, de faibles différences de charges restent indétectables.

### **III-3-5. Réaction de polymérisation en chaîne (PCR) et ses variantes**

La PCR est une technique de biologie moléculaire mise au point en 1985 par Kary Mullis. C'est une technique d'amplification génique, c'est à dire qu'elle permet de sélectionner un fragment d'ADN spécifique du parasite de 100 à plusieurs milliers de kilobases, même présent en quantité infime dans un mélange, puis une amplification enzymatique *in vitro* de celui-ci (Mac Manus et Bowles, 1996).

Cette technique est basée sur la combinaison de deux facteurs, d'abord les propriétés de synthèse enzymatique et d'initiation : ADN double brin spécifique, ADN polymérase, ADN dépendantes thermostables. Ensuite, les propriétés d'hybridation et de déshybridation des brins complémentaires d'ADN en fonction de la température. Ces éléments permettent de contrôler l'activité enzymatique grâce à des transitions de température répétées de manière cyclique.

Tous les éléments nécessaires à la réaction sont regroupés dans un tube qui sera soumis aux différentes températures correspondant à chaque étape. Ces cycles de températures sont réalisés automatiquement dans un thermocycleur. Une réaction de PCR correspond à la succession d'une trentaine de cycle comportant chacun 3 étapes :

- dénaturation : Le tube est chauffé quelques secondes à 94 °C, les doubles brins d'ADN se séparent, on dit alors que l'ADN est dénaturé ;
- hybridation : la température est rapidement abaissée à 55 °C, les amorces reconnaissent leurs séquences complémentaires sur les brins d'ADN cibles. Elles s'hybrident chacune sur son brin respectif. Cette étape dure une minute pour laisser le temps aux amorces de s'hybrider correctement. L'ADN total étant plus long, n'aura pas le temps de s'hybrider ;
- élongation : la température du tube est ensuite augmentée à 72 °C, ce qui permet à la Taq Polymérase d'ajouter des nucléotides aux amorces hybridées, dans le sens 5' vers 3'. Les nucléotides ne sont pas incorporés de façon aléatoire mais en fonction de la séquence cible (nucléotide complémentaire). Cette étape dure une minute. Un nouveau brin d'ADN, dont la séquence est complémentaire de celle du brin cible, vient d'être synthétisé.

## **CHAPITRE IV:**

### **CONTRÔLE DES HÉMOPARASITOSE DES RUMINANTS ET LEURS VECTEURS**

#### **IV-1. GÉNÉRALITÉS**

Le contrôle des hémoparasitoses des ruminants, particulièrement chez les races exotiques ou améliorées plus susceptibles et productives, dépend toujours principalement du contrôle des tiques par les traitements acaricides intensifs utilisant des produits chimiques. Cependant, ces produits chimiques sont toxiques et laissent des résidus dans la viande et le lait et causent et contribuent à la pollution environnementale (Drummond, 1976). De plus, les acaricides sont coûteux constituant ainsi une contrainte économique majeure sur le développement de l'élevage, particulièrement dans beaucoup de pays africains (Young et *al.*, 1988). En plus, la résistance des tiques aux acaricides constitue actuellement une menace croissante à la production des ruminants (Wharton, 1976).

Des stratégies de contrôle des tiques ont été préconisées, basées sur la résistance de l'hôte aux tiques et aux maladies qu'elles transmettent, prenant en compte la dynamique saisonnière des tiques, la disponibilité de vaccins contre les hémoparasitoses. De plus, des données précises sur l'écologie des tiques (la distribution géographique et les préférences) sont aussi exigées (Pegram et *al.*, 1986), avec des données sur la prévalence des hémoparasitoses dans les différents systèmes d'élevage, moderne et traditionnel. Les données sur l'épidémiologie des hémoparasitoses plus celles sur l'écologie des tiques représentent la base de toute stratégie de contrôle de ces maladies.

#### **IV-2. CONTRÔLE DES TIQUES DES RUMINANTS**

##### **IV-2-1. Contrôle externe**

##### **IV-2-1-1. Lutte chimique**

##### **IV-2-1-1-1. Sur l'hôte**

Elle reste encore la voie majeure de la lutte contre les tiques, mais doit être associée à d'autres méthodes complémentaires dans une lutte intégrée. Le traitement des animaux, par arrosage ou par baignades d'acaricides, est à la fois complexe et coûteux, peut être à l'origine de la résistance des tiques aux acaricides, sans compter tous les problèmes environnementaux, de toxicité et de rémanence excessive du produit, ceci constitue un problème préoccupant et ce, depuis plusieurs années. Wharton (1976) écrivait que « la résistance des tiques aux acaricides,

menace de plus en plus la production animale dans de nombreux pays ». D'autres alternatives à l'acaricide ont été envisagées. Le traitement avec des produits naturels, tel que le Kupetaba au Kenya (mélange des feuilles de tabac et d'une plante *Magadisoda*) (Dipeolu et Ndungu, 1991), et l'Ivermectine (dérivé synthétique de l'Avermectine) (Wilson et *al.*, 1991).

#### **IV-2-1-1-2. Sur le biotope**

L'épandage de grandes quantités d'acaricides sur de longues périodes ne semble pas compatible avec l'exploitation de la strate herbacée par les ruminants, sauf s'il s'agit d'interventions localisées et temporaires.

#### **IV-2-1-2. Lutte génétique**

La méthode génétique consiste à l'introduction de tiques mâles stériles qui sont à l'origine des hybrides stériles (comme le croisement entre le mâle de *R. (Boophilus) microplus* et la femelle *R. (Boophilus) annulatus*. Toutefois ces mâles stériles n'étaient pas aussi compétitifs que les tiques mâles de *R. Boophilus microplus* (Davey et *al.*, 1991).

#### **IV-2-1-3. Lutte biologique**

Elle est réalisée naturellement par les hyperparasites et les prédateurs. Les plus efficaces sont les rongeurs, les oiseaux insectivores (pique-bœufs, pies, poules). Les fourmis suppriment parfois un grand nombre de femelles gorgées tombées au sol, d'après (Morel, 1993).

#### **IV-2-1-4. Lutte mécanique**

Il touche principalement les femelles gorgées, qui doivent être tuées et non jetées au sol, et qui sont ainsi éliminées du renouvellement naturel de la population de tiques. Si cet arrachage est quotidien, son effet n'est pas négligeable.

#### **IV-2-1-5. Lutte agronomique**

Elle correspond à une action directe sur le milieu, c'est une lutte écologique.

##### **IV-2-1-5-1. Déboisements**

Ils sont surtout pratiqués contre les tiques sylvicoles intéressant la pathologie humaine, sous climats tempérés.

#### **IV-2-1-5-2. Mise en culture**

Elles bouleversent l'écologie au niveau du sol, détruisent les terriers de rongeurs et entraînent la disparition de la population de tiques qui y vivait pendant toute la période de mise en culture. En élevage intensif, l'alternance de l'utilisation des parcelles comme cultures et comme pâturages permet de contrôler le développement des tiques.

#### **IV-2-1-5-3. Plantes répulsives et plantes pièges**

D'après Desquesnes (1987), certaines graminées (surtout africaines : *Melinis minutiflora*, *Andropogon gayanus*, *pennisetum clandestinum*, *Cynodon dactylon*) par leur odeur ont une action répulsive surtout vis-à-vis des larves de tiques, comme elles sont appréciées par le bétail, lorsque ce dernier les consomme, il n'entre pas en contact avec les tiques. Selon l'espèce végétale, cette activité anti-tique est plus ou moins forte et plus ou moins durable. Le bétail s'habitue, par exemple, rapidement à l'odeur de *Melinis minutiflora*. Certaines légumineuses (*Stylosanthes viscosa*, *S. guyanensis*, *S. scabra*) possèdent des poils visqueux qui ont un effet piège sur les tiques (Desquesnes, 1987).

#### **IV-2-1-6. Lutte zootechnique et immunitaire**

Il s'agit soit de réactions précoces de type allergique (en 1 à 24 heures), entraînant la mort sur place, l'arrachement des tiques par l'hôte ou leur détachement spontané ; soit de réactions différées (en 3 à 6 jours), interférant avec l'engorgement (qui est incomplet ou de durée augmentée, où la tique meurt en cours de repas) ou avec l'oncogenèse (ponte et/ou taux d'éclosion réduit).

#### **IV-2-2. Contrôle immunologique**

La résistance des animaux de laboratoire aux infestations d'*Ixodidae*, est probablement le premier évènement qui a poussé les recherches vers une protection à base immunitaire. Trager (1939) est le pionnier de l'étude de l'acquisition de la résistance chez les animaux de laboratoire, aux Ixodidés. Il a constaté que le cochon d'Inde ou le lapin infesté deux fois ou plus avec les larves de la tique *Dermaacentor variabilis*, donnent une faible récolte de larves gorgées. Depuis, plusieurs études ont confirmé ces premières constatations (Fivaz, 1989 ; Rechav et al., 1991). La résistance acquise chez le bovin suite aux infestations répétées de tiques a été montrée depuis 1941 par Gregson. Depuis, de pareils résultats ont été constatés sur différents genres de tiques, comme *R. (Boophilus) microplus* (Wagland, 1978) en Australie et *Amblyomma hebraeum* (Norval et al., 1988).

L'effet de la résistance de l'hôte est constaté sur les performances d'engorgement et de fertilité de la tique. Le poids d'engorgement des tiques est le premier paramètre affecté, ainsi que le nombre de tiques engorgées (Decastro et *al.*, 1989). Différentes études ont démontré que le poids d'engorgement des tiques diminue quand l'hôte est résistant (Decastro et *al.*, 1997 et Dipeolu et *al.*, 1992). La diminution du poids d'engorgement engendre également une baisse de la masse d'œufs pondue par la tique femelle, cela a été constaté chez différentes espèces ; *Hyalomma anatolicum*, *Rhipicephalus appendiculatus* et chez *R. (Boophilus) microplus* (Dipeolu et *al.*, 1992 ; Barriga et *al.*, 1993; 1995). Rechav et Fielden (1995), ont constaté que le métabolisme est réduit chez *Rhipicephalus evertsi evertsi* engorgée sur des hôtes résistants. Ce métabolisme a été estimé par le volume du CO<sub>2</sub> (V CO<sub>2</sub>) émis. Ce (V CO<sub>2</sub>) diminue en parallèle avec la diminution du poids d'engorgement de *Rhipicephalus evertsi evertsi*, ces deux critères sont donc probablement liés.

L'effet de la résistance de l'hôte sur la tique dépend du stade du cycle évolutif de cette dernière qui s'est nourri sur un individu résistant. La baisse du poids de la masse des œufs de *Rhipicephalus appendiculatus* est plus élevée quand c'est le stade larvaire qui s'engorge sur un hôte résistant (Dipeolu et *al.*, 1992). Des résultats similaires ont été constatés sur *Dermacentor variabilis* et *R. (Boophilus) microplus* (Robert, 1968). Le type du cycle évolutif de la tique a également une influence. Hanzakava (1971) a constaté que *H. dromedarii* tend à avoir besoin de deux hôtes au lieu d'un seul quand celui-ci est résistant.

### **IV-3. CONTROLE DES HÉMOPARASITOSE DES RUMINANTS**

#### **IV-3-1. Babésiose**

##### **IV-3-1-1. Traitement de la babésiose**

Plusieurs substances babésicides sont disponibles :

- dérivés des Diamidines sont les médicaments les plus employés. La Pentamidine (LOMIDINE (ND)) est administrée par voie intraveineuse en deux injections à 48 heures d'intervalle ;
- dérivés de l'Acridine (ex. Pirocrine) sont injectés par voie intraveineuse stricte, deux fois à 48 heures d'intervalle ; mais les tissus sont colorés en jaune pendant au moins deux semaines et les injections peuvent être responsables de phlébites.
- Imidocarbe (CARBESIA ND) est un des babésicides les plus récents et également l'un des meilleurs. Il est administré par voie intramusculaire profonde ; une seule injection, selon la posologie 1ml pour 100 kg (solution à 8.5 %), suffit. Le CARBESIA permet une stérilisation

totale, donc une absence de rechute. Il possède une très bonne action à des doses pour lesquelles aucune toxicité n'est observée, d'après Dennis (1974).

#### **IV-3-1-2. Traitement symptomatique.**

Le traitement spécifique s'oppose à la multiplication de *Babesia* et vise à les éliminer ; le traitement symptomatique cherche à soulager l'animal, à accélérer sa guérison et à améliorer le pronostic.

#### **IV-3-2. Theilériose**

La Parvaquone à 10mg/kg en intramusculaire procure un taux de guérison de 90%. Cette substance permet la destruction des schizontes et des piroplasmes ; mais les animaux traités restent porteurs pendant plusieurs mois.

La vaccination permet le développement de l'immunité cellulaire lors de la présence du stade schizonte chez le bovin ; vaccination par injection de sporozoïtes ou de cellules contenant des schizontes, puis traitement par les Tétracyclines (Chlorotétracyclines) ou par le Parvaquone 8 jours après l'inoculation. Un vaccin contre la theilériose tropicale a été mis au point. Il est basé sur l'utilisation de cellules infectées par les schizontes de *T. annulata*, atténués en culture cellulaire par des passages successifs. Ce vaccin s'est montré efficace sur terrain et a permis de protéger 99 à 100 % des animaux vaccinés dans une région de theilériose (El Haj et al., 2001).

#### **IV-3-3. Anaplasmosse**

Il est basé sur l'Imidocarbe (3 mg/kg) ou sur les Tétracyclines (moins efficaces).

### **IV-4. MÉTHODES PROPHYLACTIQUES**

Elles font intervenir des mesures médicales (chimioprévention, immunisation) et des mesures sanitaires (lutte contre les arthropodes vecteurs, sélection de souches de ruminants domestiques génétiquement plus résistantes aux tiques et/ou à l'infection par les protistes....).

#### **IV-4-1. Chimio prophylaxie**

Le principe est l'administration de médicaments avant le contact de l'animal réceptif avec l'agent parasitaire dans le but de prévenir l'apparition des signes cliniques de la maladie.

##### **IV-4-1-1. Chimio prophylaxie de la babésiose**

La substance utilisée pour les babésioses est l'Imidocarbe : à 2 mg/kg, cette substance confère une protection de 12 semaines contre *B. bigemina* et de 6 semaines contre *B. bovis*, d'après Morel (1981).

#### IV-4-1-2. Chimio prophylaxie de la theilériose

On utilise surtout les Tétracyclines, la chimio prévention est indiquée dans deux situations sur les animaux réceptifs qui risquent d'être exposés à l'infection :

- lorsque l'immunisation est contre-indiquée ou malaisée (gestation, transport...);
- lorsque l'animal doit faire un séjour temporaire dans une zone infectée, et que l'immunisation n'est pas nécessaire.

#### IV-4-1-3. Chimio prophylaxie de l'anaplasmose

Trois substances ont prouvé leur efficacité à différents degrés :

- **Tétracyclines** : dans un but prophylactique, l'Oxytétracycline retarde la multiplication des anaplasmes, allonge le temps d'incubation et empêche le développement des signes cliniques.;
- **Diminazène** : à 5 mg/kg, cette substance rendrait les veaux résistants pendant 68 jours ; à 3,5 mg/kg, il protégerait les bovins pendant 10 jours, d'après Hassissene (1981) ;
- **Imidocarbe** : aurait un effet prophylactique à 3 mg/kg en intramusculaire, renouvelé au 14<sup>ème</sup> jour, d'après Morel (1981).

#### IV-4-2. Immunisation

Cette méthode est plus efficace que la chimio prévention. Thompson et *al.*, (1978) l'ont montré, en comparant chez les veaux de 30 jours, une prémunition contrôlée au dithiosemicarbazone et à l'oxytétracycline pour *A. marginale*, et au dimidazène pour *Babesia bovis* et *B. bigemina*, à une chimio prophylaxie par l'imidocarbe.

##### IV-4-2-1. Immunisation contre les babésioses

Quel que soit le matériel d'immunisation utilisé, le principe de la vaccination repose sur la survie pendant au moins un an de la souche inoculée chez l'animal prémuni, ou sur le relais qui en a été pris par l'immunité cellulaire, ou sur la persistance pendant au moins 1 an de l'immunité cellulaire provoquée par un vaccin tué ou synthétique. Ce délai d'un an correspond au temps qui peut s'écouler entre la vaccination et une première réinfection, le plus souvent par une *Babesia* hétérologue, dans un milieu faiblement infesté de vecteurs ; ordinairement, dans un milieu pouvant indiquer si ce dernier peut bénéficier de ce fait.

##### IV-4-2-1-1. Prémunition par souches atténuées

L'atténuation est obtenue par passages continus rapides sur veaux splénectomisés par sélection des sous populations les moins virulentes. La dose vaccinale est de 10 parasites (Morel, 1981).

#### IV-4-2-1-2. Prémunition par des souches non atténuées

**-Infection artificielle :** l'infection est alors contrôlée par un antibabésien (amicarbolide diminazène), qu'il faut administrer à dose curative mais non stérilisante. Le sang vaccinal (sang citraté d'un veau hyperinfecté et splénectomisé) peut être conservé une semaine en glace et 2 mois en azote liquide.

**-Infection naturelle contrôlée à l'Imidocarbe :** l'animal à prémunir est introduit dans le pâturage infecté après injection d'Imidocarbe, qui a un effet retard, et qui pendant les semaines suivantes empêche l'infection initiale et les réinfections d'atteindre un niveau clinique, mais autorise la mise en jeu des défenses immunitaires, et donc la prémunition.

#### IV-4-2-1-3. Prémunition par souches irradiées

L'irradiation entraîne l'inactivation du parasite. Les premières immunisations ne provoquent que de faibles réactions et protègent contre des infections hétérologues 3-4 mois plus tard. Purnell (1978), montrent que les vaccins irradiés à 24 krads pour *B. major* ou jusqu'à 32 krads pour *B. divergens* confèrent une immunité appréciable, alors que des vaccins irradiés avec des doses supérieures étaient dénués de cette capacité, ils concluent que l'immunité conférée est d'autant meilleure que le parasite aura été moins lésé dans sa vitalité : l'irradiation doit empêcher ou limiter la division du parasite sans détruire un nombre trop important d'unités parasitaires. Les recherches n'ont pas encore abouti à la production d'un vaccin d'usage courant.

#### IV-4-2-1-4. Immunisation par Blastokinètes

Ceux-ci sont injectés sous forme d'extraits de *R. Boophilus microplus* infectés. Ils n'ont pas de pouvoir immunogène contre les infections naturelles, mais sont à l'origine d'une réduction jusqu'à 40 % du nombre des femelles gorgées (Morel, 1993).

#### IV-4-2-1-5. Immunisation par antigènes recombinants

La production d'antigènes recombinants est l'aboutissement des recherches sur l'identification et le séquençage d'antigènes protecteurs, qu'ils proviennent du plasma, de l'hématie ou de *Babesia*.

Après identification des polypeptides a lieu l'analyse de la chaîne polypeptidique, puis la synthèse de la chaîne des nucléotides correspondant au génome ; la reproduction est réalisée par des bactéries dont le génome s'est recombinaé avec la chaîne de nucléotides synthétisée ; la bactérie exprimera la protéine correspondante.

Les essais de vaccins recombinants qui pourront passer dans la pratique seront fondés sur l'emploi d'un nombre limité d'antigènes, déterminant une réponse immunitaire suffisante pour

protéger la majorité d'une population d'hôtes génétiquement diverse contre des parasites divers génétiquement.

*Partie II*  
*Partie expérimentale*

## **I. INTRODUCTION**

Cette étude sur les hémoparasitoses des ruminants, qui a duré six années, a été conduite au niveau de quatre des principales régions d'élevage des ruminants au Maroc. Elle est constituée de deux parties ; une partie bibliographique et une partie expérimentale. La partie expérimentale comporte trois parties :

- Travaux sur le terrain : consistait en la collecte des échantillons sanguins et la collecte des tiques ainsi qu'une enquête auprès des vétérinaires praticiens ;
- Travaux au laboratoire : consistait en l'analyse sérologique des échantillons sanguins pour la détermination de la séroprévalence, l'identification des tiques pour la détermination des espèces locales et l'analyse biologique sur les tiques pour la détermination des vecteurs ;
- Travaux au bureau : consistait en l'interprétation des résultats, l'analyse statistique, le dépouillement des questionnaires et la rédaction des articles et du présent mémoire.

La plus grande partie de ces travaux a été réalisée au Maroc au Laboratoire de Parasitologie de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II de Rabat. Des analyses d'échantillons et des formations sur certaines techniques de pointe ont été réalisées à l'étranger, dans différents laboratoires ; et avec la collaboration du Laboratoire de Pathologie et des Maladies Parasitaires de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège (Belgique), du Laboratoire de santé Animale de l'Institut de Médecine Tropicale à Anvers (Belgique) et du Laboratoire d'Ecologie et de Biogéographie de l'Université de Louvain la Neuve (Belgique).

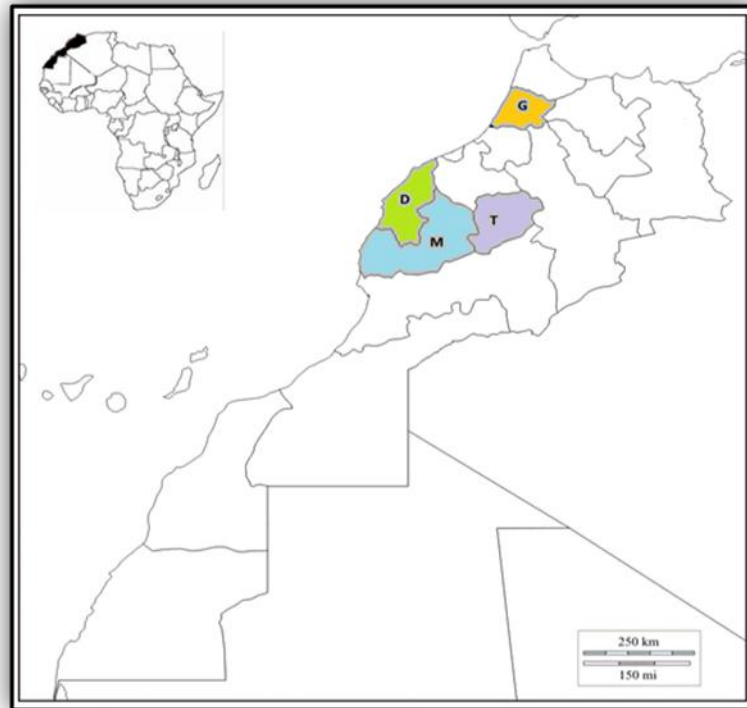
L'interprétation et la publication des résultats ainsi que la rédaction de ce mémoire ont été effectuées en coordination avec le Laboratoire de Parasitologie et de Biologie Générale de la Faculté des Sciences de Rabat.

## CHAPITRE I : RÉGIONS D'ÉTUDE ET MATÉRIEL ET MÉTHODES

### I. RÉGIONS D'ÉTUDE

#### I-1. Monographie des régions de l'étude

Cette étude a été réalisée au niveau de quatre régions d'élevage des ruminants au Maroc. Ces régions sont localisées dans la partie Nord-Ouest du pays, entre la côte Atlantique à l'Ouest et la chaîne montagneuse de l'Atlas à l'Est (Figure 16). Toutes ces régions disposent de périmètres irrigués où il y a une forte concentration de bovins laitiers, d'ovins et de caprins.



**Figure 16 : Situation géographique des régions de l'étude**

**G** : Gharb-Chrarda-Bni Hssen ; **D** : Doukkala-Abda  
**T** : Tadla-Azilal ; **M** : Marrakech-Tensift-El Haouz

#### I-1-1. Région du Gharb-Chrarda-Bni Hssen

Cette région, située au Nord-Ouest du pays (Figure 17), est composée de deux provinces : Kenitra et Sidi Kacem. Elle est limitée à l'ouest par l'océan Atlantique, au nord par la région de Tanger-Tétouan, à l'est par les deux régions de Taza-Al Hoceima-Taounate et de Fès-Boulemane, et au sud par les régions de Meknès-Tafilalet et de Rabat-Salé-Zemmour-

Zaër. C'est une plaine qui s'étale sur une superficie de 8 805 km<sup>2</sup>, au niveau de deux étages bioclimatiques ; semi-aride et sub-humide avec un hiver tempéré. Le climat y est de type méditerranéen ; doux et humide en hiver et chaud et sec en été, les précipitations dans cette région dépassent largement la moyenne nationale, partout elles sont supérieures à 600 mm. Deux périodes pluvieuses peuvent être distinguées au cours de l'année agricole d'octobre à avril ; c'est la période la plus pluvieuse (785 mm), soit 76 % des précipitations annuelles et de mai à septembre ; c'est la période la moins pluvieuse avec 24 % du total des précipitations annuelles. La moyenne des températures varie entre 14 °C et 23 °C. La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud est 33 °C en août et la moyenne des températures minimales du mois le plus froid est 5 °C en janvier.

C'est une région du Maroc, où l'agriculture est la plus diversifiée et la plus intensive grâce aux grands périmètres hydrauliques avec une rotation triennale à sexennale de betteraves à sucre, céréales, légumineuses, cultures fourragères, coton, canne à sucre et tournesol.

L'effectif du cheptel dans la région se compose de 399.260 têtes de bovins dont 34,19 % est de la race locale. Les effectifs d'ovins sont de 1.060.400 têtes soit 5,51 % par rapport à l'échelle nationale. Alors que les caprins approchent les 79.000 têtes soit 0,40% à l'échelle du pays.

### **I-1-2. Région de Doukkala-Abda**

Cette région est située au sud de la plaine centrale, sur la côte atlantique entre les deux grands fleuves Oum Rbia et Tensift (Figure 18) et s'étale sur une superficie de 13 285 km<sup>2</sup>. Elle est composée de deux Provinces : Safi et El Jadida et délimitée par l'océan atlantique à l'Ouest et au Nord-Ouest, les provinces de Settat et d'El Kelaâ des Sraghna à l'Est et la province d'Essaouira au Sud et au Sud - Est.

Du point de vue climatique, la région s'inscrit dans le domaine du climat atlantique. Les températures restent clémentes en hiver, douces en été aussi bien sur les côtes qu'à l'intérieur. Elles atteignent rarement 0°C en janvier et les maxima les plus fréquents de ce mois oscillent entre 14°C et 18°C. En été, l'atmosphère se réchauffe sensiblement, les températures maximales plus fréquentes en juillet varient entre 16°C et 26°C. Des pics de 32°C à 38°C peuvent être enregistrés quelques jours par an, mais leur fréquence demeure exceptionnelle. La pluviométrie annuelle varie entre 300 et 350 mm.

Le cheptel animal est composé de 361800 têtes de bovin, 1 330 000 têtes d'ovins et 235000 têtes de caprins.

### **1-1-3. Région de Tadla-Azilal**

Cette région est située au centre du Maroc (Figure 19), sur une superficie de 17125 km<sup>2</sup>, la région de Tadla Azilal est limitée à l'ouest par les provinces de Kalaat Es-sraghna et Al Haouz, au nord par les provinces de Khouribga et Settat, à l'est par les provinces d'Errachidia et Khénifra et au sud par la province d'Ouarzazate.

De sa situation entre deux plateaux de phosphate et le moyen Atlas, la région de Tadla Azilal d'une altitude moyenne de 400 à 700m se caractérise par un climat très continental, et la quantité de précipitations varie entre 300 et 750 mm selon les années. Les gelées ne sont pas rares en hiver. L'été est très chaud à cause des vents brûlants du sud-ouest -est « chergui » qui font augmenter le mercure au-dessus des 40° C, ces vagues de chaleur se terminent parfois par de violents orages qui rafraîchissent le sol.

La région de Tadla Azilal est composée de trois provinces (Beni Mellal, Fqih Ben saleh et Azilal) dont le chef-lieu est Béni Mellal. C'est une région de mise en valeur agricole intensifiée, dominée par les grands ouvrages d'irrigation. Elle comprend deux grands périmètres irrigués totalisant plus de 100 000 ha. L'assolement est à rotation triennale à sexennale dominé par la culture de la betterave sucrière, céréales légumineuses, cultures fourragères et autres. Les prélèvements ont été réalisés sur 24 sites répartis sur toute la région. Le cheptel animal est composé de 251.000 têtes bovines, 1.361.000 têtes ovines et 519.000 têtes caprines.

**I-1-4 La région de Marrakech-Tensift-Al Haouz** (Figure 20) : cette région s'étend sur superficie de 31 160 km<sup>2</sup>, elle est limitée au nord par la région de Chaouia-Ouardigha, au nord-ouest par la région de Doukkala-Abda, à l'est par la région de Tadla-Azilal, au sud par la région du Souss-Massa-Drâa et à l'ouest par l'océan atlantique. La région compte une préfecture : Marrakech et cinq provinces : Chichaoua, Al Haouz, El Kelâa des Sraghnas, Rhamna et Essaouira.

Le climat de cette région est aussi diversifié que sa géographie, humide dans les zones du littoral avec des précipitations hivernales importantes et des températures estivales inférieures à 22°C, et continental dans les zones intérieures de la région avec un hiver froid et un été chaud et sec (moyenne des maximas : 38°). La région connaît une pluviométrie faible et irrégulière (800 mm en zone montagneuse et 190 mm dans la plaine).

Le couvert végétal est dominé par : Olivier ; céréales ; agrumes, Abricotier, Arganier ; Cactus et Caroubier.

Le cheptel animal de cette région est composé de 278 700 têtes de bovins, 1 960 000 têtes d'ovins et 926 000 têtes caprins.

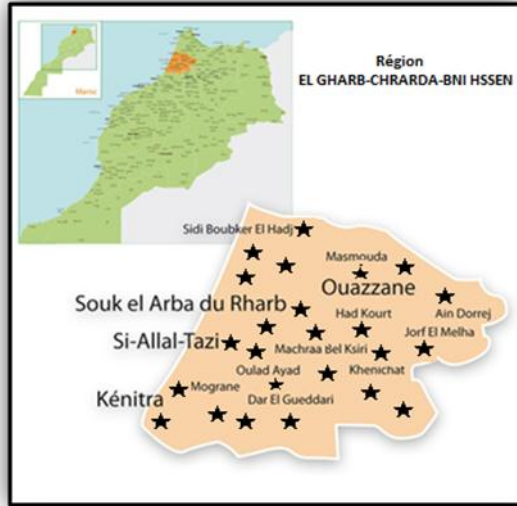


Figure 17 : Sites de l'étude de la région du Gharb-Chrarda- Bni Hssen

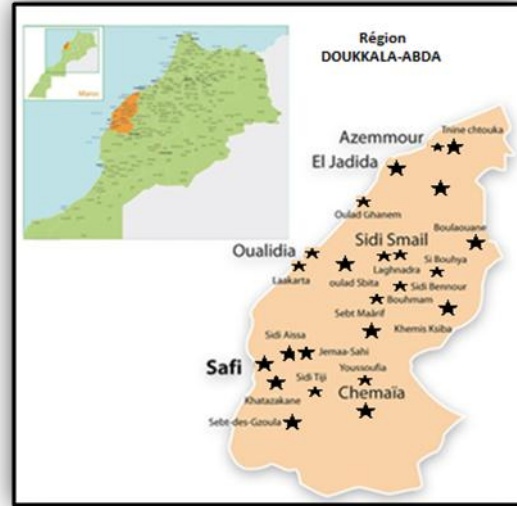


Figure 18 : Sites de l'étude de la région de la région de Doukkala-Abda

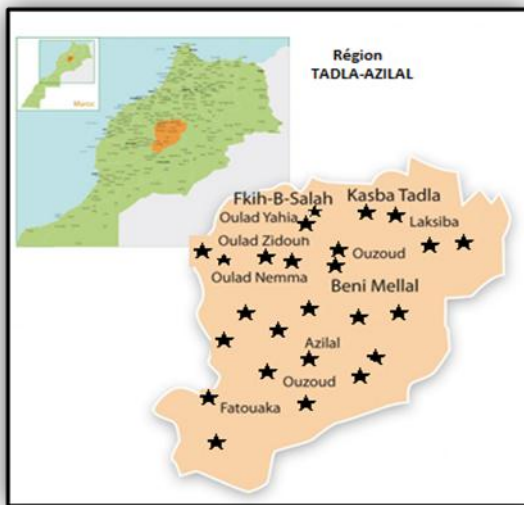


Figure 19. Sites de l'étude de la région de Tadla-Azilal

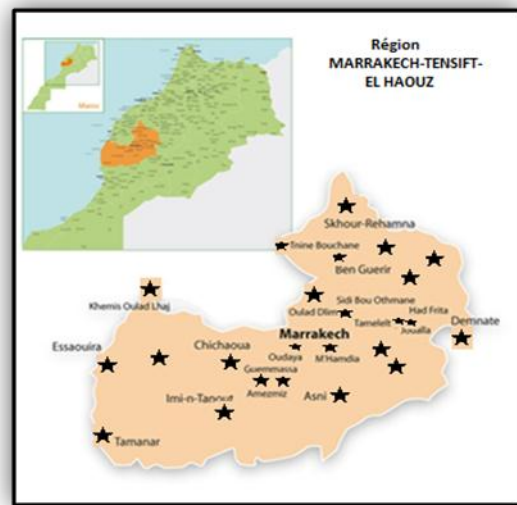


Figure 20 : Sites de l'étude de la région de Marrakech-Tensift-El Haouz

## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### II-2. Travaux réalisés sur le terrain

#### II-2-1. Collecte des échantillons sanguins

Les prélèvements sanguins ont été effectués pendant le mois d'août 1997 d'une façon aléatoire sur les animaux ; bovins (n=1040), ovins (n=845) et caprins (n=420). Le sang de chaque animal a été prélevé au niveau de la veine jugulaire et mis dans un tube sec sur lequel ont été mentionnés, l'âge, la race, le sexe, l'origine et le numéro de l'animal. Les sérums ont été ensuite récupérés et conservés à -20°C.

#### II-2-2. Collecte des tiques

La collecte des tiques a été effectuée à raison d'une fois par mois soit directement sur les animaux, sur les pâtures ou à l'intérieur des exploitations.

##### II-2-2-1. Sur les animaux

Les tiques sont prélevées sur les mêmes animaux ayant servi pour les prélèvements sanguins. La collecte s'est faite par simple extraction après contention de l'animal, aux niveaux des régions de prédilection des tiques ; mamelles, périnée, fanon, oreilles, encolure, etc. (Figure 21). Elles sont ensuite conservées dans des flacons contenant de l'éthanol à 70°, sur lesquels sont mentionnés ; le sexe, l'âge, l'origine et le numéro de l'animal.

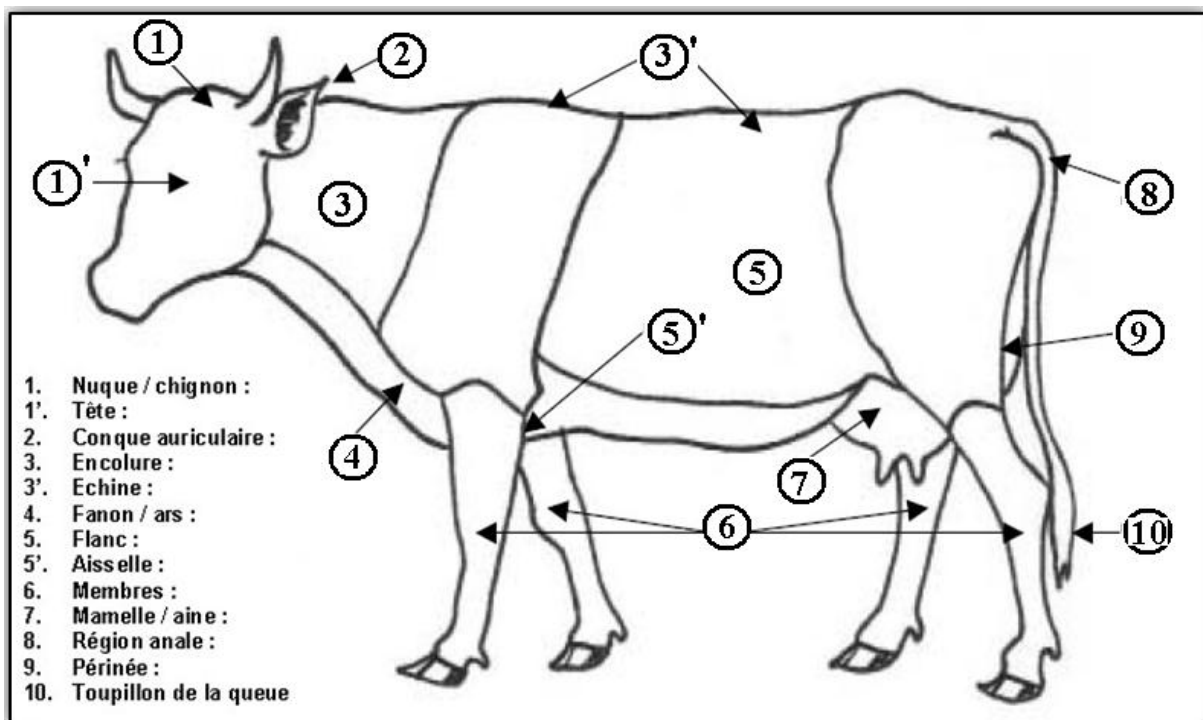


Figure 21 : Zones de prédilection des tiques sur les bovins

### II-2-2-2. Sur les pâtures

La collecte des tiques sur les pâtures a été réalisée grâce à la méthode du drapeau ou « *Draping* ». Cette méthode consiste à traîner lentement un drapeau de tissu clair à texture molletonnée sur la végétation et à récupérer, à intervalles réguliers, les tiques qui y sont fixées (Figure 22). Cette technique permet de capturer uniquement des tiques à jeun qui sont à l'affût dans la végétation (L'Hostis et *al.*, 1995).

A



B



**Figure 22 : Méthode de collecte des tiques par drapeau (IAV Hassan II)**

**A** : modèle de drapeau utilisé dans cette étude

**B** : tique à l'affût sur une plante

### II-2-2-3. Dans les étables

Pour la capture des tiques d'intérieur (tiques endophiles : *H. scupense*), nous avons utilisé la technique des sources de CO<sub>2</sub> (neige carbonique et bougies). Cette technique consiste à poser des petites quantités de neige carbonique et des bougies sur des nappes blanches dans plusieurs endroits à l'intérieur de l'exploitation (à côté des murs, des crevasses et des terriers), afin d'attirer les tiques grâce à l'effet du gaz carbonique qui simule le CO<sub>2</sub> dégagé par les animaux. Cette technique nous permet de connaître le cycle nyctéméral de ces espèces endophiles notamment *H. scupense* vecteur de la théilériose bovine.

### II-2-3. Collecte des plantes associées aux tiques

Des échantillons des formations végétales sur où à côté desquelles les tiques ont été collectées par le drapeau ont été ramenés au laboratoire pour identification, afin d'établir une relation entre leur saisonnalité et la période d'activité de ces arthropodes.

### II-3. Travaux réalisés au laboratoire

Pour estimer la séroprévalence des hémoparasitoses chez les animaux examinés, deux techniques sérologiques ont été utilisées :

- la technique cELISA (*Competitive Enzyme Linked Immunosorbent Assay*) pour le diagnostic de la babésiose à *B. bovis* et l'anaplasmose à *A. marginale* et *A. ovis* et
- la technique IFI (Immunofluorescence Indirecte) pour le diagnostic de la theilériose à *T. annulata* et la babésiose à *B. bigemina*.

Le taux de contamination des exploitations par les hémoparasitoses a été calculé selon la formule suivante :

$$Tc (\%) = \frac{\text{Nombre d'exploitations avec au moins un cas séropositifs à une hémoparasitose}}{\text{Nombre total d'exploitations visitées}} \times 100$$

#### II-3-1. Diagnostic sérologique des hémoparasites chez les ruminants

##### II-3-1-1. cELISA

Nous avons utilisé la technique cELISA sous forme de Kit, pour détecter les anticorps de *A. marginale* et de *B. bovis* dans les sérums des bovins et de *A. ovis* dans les sérums des ovins et des caprins.

##### II-3-1-1-1. Diagnostic de *A. marginale* et *A. ovis*

Un test cELISA a été développé en se basant sur la liaison de l'anticorps monoclonal avec la protéine majeure de surface (Msp5) (Knowles et al., 1996). Cette protéine est conservée chez *Anaplasma* spp. Ce test a été utilisé pour détecter les deux phases aiguë et chronique d'*A. marginale* chez les bovins (Knowles et al., 1996), *A. ovis* chez les caprins (Ndung'u et al., 1995) et chez les ovins (Scoles et al., 2008).

Nous avons utilisé le Kit cELISA commercialisé par « *Veterinary Medical Research and Development, Pullman University, WA, Etats-Unis* » pour le diagnostic de l'anaplasmose à *A. marginale* ; les contrôles positifs et négatifs sont inclus dans le kit.

#### Protocole :

- un volume de 70 µl, de chaque sérum non dilué des animaux à tester, a été déposé chacun dans un puits de la plaque d'adsorption (*Coated Absorption/ Transfer Plate*). Les contrôles, positif et négatif, ont été placés dans des puits indiqués par le kit ;
- les sérums ont été incubés 30 mn à température ambiante. Ensuite, 50 µl de chaque sérum adsorbé sont transférés au puits correspondant dans la plaque contenant

l'antigène recombinant (*Recombinant antigen/coated plate*). La plaque est incubée à 25 °C pendant 60 mn ;

- après l'incubation, les puits ont été vidés puis lavés avec 200 µl de la solution de lavage pendant 5 mn. Deux lavages ont été effectués ;
- un volume de 50 µl de l'anticorps monoclonal conjugué à la peroxydase a été ajouté à chaque puits. La plaque est laissée incubée 20 mn à température ambiante. Quatre lavages ont été ensuite effectués avec 200 µl de la solution de lavage fournie ;
- un volume de 50 µl du substrat TMB a été additionné à chaque puits. La plaque est homogénéisée avec précaution, couverte avec du papier aluminium et laissée incubée à température ambiante pendant 20 mn ;
- enfin, 50 µl de la solution d'arrêt sont ajoutés dans chaque puits. Immédiatement après l'addition de la solution d'arrêt, les puits sont lus à 620 nm sur un spectrophotomètre pour plaque ELISA. Le contrôle négatif doit avoir une densité optique (DO) comprise entre 0,40 et 1,20. La DO d'inhibition du contrôle positif doit être supérieure à 30 % de la DO du contrôle négatif. Les sérums ayant une DO d'inhibition inférieure à 25 % de la DO du contrôle négatif sont négatifs. Les sérums ayant des DO d'inhibitions supérieures à 25% de la DO du contrôle négatif sont positifs. Le pourcentage d'inhibition (% I) est calculé selon la formule suivante :

$$\% I = \frac{100 - DO \text{ du sérum}}{\text{Moyenne de la DO du contrôle négatif.}} \times 100$$

### II-3-1-1-2. Diagnostic de *B. bovis*

Le test cELISA décrit par Goff et *al.* (2006) a été utilisé pour la recherche des anticorps spécifiques de *B. bovis*. Des plaques *Mylar Pouch (Veterinary Medical Research and Development, Pullman University, WA, Etats-Unis)* ont été employées dans ce test. Les contrôles, positif et négatif, sont également fournis par le kit.

#### Protocole :

- un volume de 200 µl d'une solution de blocage a été déposé dans chaque puits de la plaque ELISA (96 puits) contenant l'antigène recombinant pour la neutraliser ;
- Ensuite la plaque a été incubée pendant une heure à température ambiante sur un cylindre tournant ;

- après, les puits sont vidés, les échantillons sont distribués dans les puits (100 µl / puits, 2 puits par échantillon). Les contrôles, positif et négatif, sont également fournis et inclus dans des puits indiqués par le Kit. La plaque est incubée pendant 30 min dans la plaque tournante ;
- après l'incubation, les puits sont vidés puis lavés avec 200 µl de la solution de lavage pendant trois fois ;
- après dilution à 1/100 dans la solution de blocage, l'anticorps monoclonal est distribué dans les puits (100 µl /puits). Les plaques sont ensuite incubées 15 min à température ambiante ;
- les plaques sont vidées et lavées manuellement avec 200 µl de la solution de lavage pendant 5 min (3 lavages sont effectués) ;
- un volume de 3 µl IgG-HRP de chèvre anti-mouse ont été additionné à 12 ml de la solution de blocage par puits, après avoir ajouté 100 µl du conjugué dilué à chaque puits, la plaque est incubée pendant 15 min ;
- les plaques sont vidées et lavées manuellement avec 200 µl de la solution de lavage pendant 5 min (3 lavages sont effectués) ;
- après avoir combiné le substrat TMB et H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, le mélange est distribué à raison de 100 µl par puits. La plaque est incubée 15 min dans un milieu sombre. La réaction est stoppée par l'addition de 50 µl H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> par puits. La DO est lue à 450 nm sur un spectrophotomètre pour plaque ELISA ;
- la lecture est faite à 450 nm. La DO d'inhibition du contrôle positif doit être supérieure à 40 % de la DO du contrôle négatif. Les sérums ayant une DO d'inhibition inférieure à 35 % de la DO du contrôle négatif sont considérés négatifs. Les sérums ayant des DO d'inhibitions supérieures à 35 % de la DO du contrôle négatif sont positifs.

### **II-3-1-2. Immunofluorescence indirecte**

#### **II-3-1-2-1. Diagnostic de *B. bigemina***

Pour le diagnostic de *B. bigemina*, nous avons utilisé le test IFI décrit par Weller et Coons (1954).

#### **Protocole :**

- pour sensibiliser les lames utilisées dans ce test, un volume de 10 ml de sang a été prélevé sur une vache infectée expérimentalement au niveau de la clinique du

Département de Parasitologie et de Maladies Parasitaires de l'IAV Hassan II présentant une parasitémie de 10 à 15 % et a été utilisé comme antigène ;

- ce volume de sang est ensuite dilué dans 200 ml de Tampon phosphate (PBS, pH=7.2) ;
- après 3 lavages dans du tampon phosphate salin (PBS) pH=7.2, le sang a été centrifugé et remis en suspension dans 200 ml de PBS ;
- une deuxième remise en suspension a été effectuée dans 10 ml de Tampon, après centrifugation, le mélange est distribué à raison d'une goutte par puits dans chacun des 15 puits des lames. Les frottis sont séchés une heure à température ambiante, fixés 120 minutes dans l'acétone, séchés et conservés à -20 °C ;
- les lames d'Ag stockées à -20 °C ont été ensuite réchauffées 30 minutes à température ambiante. Les sérums ont été dilués dans du PBS à 1/100 et déposés à raison de 10 µl de chaque dilution dans chaque puits des lames contenant l'antigène. Les témoins positifs et négatifs ont été dilués à 1/80 et déposés sur chaque lame. Les lames ont été ensuite incubées à 37 °C pendant 30 mn, puis rincées 10 minutes dans du PBS.
- la solution du conjugué a été préparé à partir d'un conjugué commercial composé d'anticorps de lapin anti-Gammaglobulines bovines. La dilution utilisée est de 1/160 et le réactif coloré est de la fluorescéine diluée au 1/60 à laquelle on a ajouté une goutte de Bleu Evans ;
- un volume de 10 µl de la solution du conjugué est déposé sur chaque puits et les lames sont à nouveau incubées à 37 °C et pendant 30 min, ensuite elles sont lavées 10 min dans du PBS. Les bords des puits sont séchés. Les lames sont montées avec du glycérol à 50 % et observées au microscope à fluorescence.

#### **II-3-1-2-2. Diagnostic de *T. annulata***

L'antigène utilisé pour ce test est un antigène schizonte issue de la culture d'une souche virulente de *T. annulata* provenant d'une vache de race croisée âgée de six ans et qui présentait les symptômes typiques d'une theilériose dans la province de Doukkala.

#### **Protocole :**

- des lymphocytes infectés ont été prélevés du ganglion préscapulaire de cette vache et ont été mis dans des flacons (Falcons de 25 cm<sup>2</sup>) en présence du milieu de culture (RPMI 1640 ; L-glutamine ; NaHCO<sub>3</sub>) plus 10% de sérum de veaux fœtal, Pénicilline (100 unités/ml), Streptomycine (50 µg/µl) et Mycostatine (75 unités/ml) ;

- les flacons sont ensuite, placés dans une étuve à CO<sub>2</sub> et maintenus à 37°C sous une atmosphère de 5 % de CO<sub>2</sub>. Le milieu de culture est changé chaque jour pendant les dix premiers jours, ensuite une fois tous les 3 à 4 jours. La multiplication des cellules infectées est observée au moyen d'un microscope à inversion. La présence de cellules brillantes (Lymphoblastes) est un signe de division et multiplication cellulaire.
- pour sensibiliser les lames, une suspension cellulaire de 200 µl prise d'un flacon de culture a été centrifugée à 200 g pendant 20 min à 4 °C. Ensuite, le surnageant a été éliminé et le culot cellulaire repris dans 100 µl de tampon phosphate salin (PBS) pH 7,2 à 7,4 ; la suspension a été ensuite centrifugée une deuxième fois comme précédemment. Ce processus de lavage a été renouvelé 3 fois. Après le dernier lavage, le culot cellulaire a été repris dans du PBS (100 µl environ). Des étalements minces de la suspension cellulaire ont été ensuite effectués sur des lames d'IFI. Les frottis ont été séchés à l'air, fixés à l'acétone pendant 10 min puis conservés à -20 °C.
- ensuite, les sérums à tester ont été dilués dans du PBS au 1/100 et déposés à raison de 15 µl de chaque dilution dans chaque puits des lames portant l'antigène. Les témoins positifs et négatifs ont été dilués à 1/80 et ont été déposés sur chaque lame ;
- les lames ont été incubées à 37°C dans l'étuve pendant 30 min, ensuite rincées 10 minutes dans du PBS ;
- 15 µl de la solution du conjugué ont été déposés dans chaque puits et les lames sont à nouveau incubées à 37 °C pendant 30 min, ensuite elles sont lavées 20 min dans du PBS sous agitation ;
- enfin, les lames ont été séchées, montées avec du glycérol à 50 % et observées au microscope à immunofluorescence.

### II-3-2. Identification des tiques

L'identification des tiques a été réalisée sous une loupe binoculaire au Laboratoire de Parasitologie de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II de Rabat. Elle reposait sur les caractéristiques morpho-anatomiques décrites par certains auteurs (Morel, 1976 ; Walker *et al.*, 2003).

Le taux d'infestation des exploitations par les tiques a été calculé selon la formule suivante :

$$TI (\%) = \frac{\text{Nombre d'exploitations infestées par au moins une espèce de tique}}{\text{Nombre totale d'exploitations visitées}} \times 100$$

### II-3-3. Diagnostic par PCR des hémoparasites chez les tiques

Afin de déterminer les vecteurs potentiels parmi les différentes espèces de tiques collectées des hémoparasites, *B. bovis*, *B. bigemina*, *T. annulata* et *A. marginale* aux bovins et *A. ovis* aux ovins et caprins, nous avons procédé par une méthode qui consiste à préparer des broyats de chaque espèce de tique (stabilats), en extraire l'ADN puis les analyser par des test de biologie moléculaire (PCR-PFLP).

#### II-3-3-1. Préparation des tiques

Une quarantaine d'individus de chaque espèce de tique, collectée sur les bovins et identifiée, ont été broyés mécaniquement et préparés pour l'analyse biologique.

#### II-3-3-2. Extraction de l'ADN

Quarante tiques de chaque espèce récoltée ont été tout d'abord lavées dans trois bains d'eau stérile suivis d'un bain d'éthanol absolu, séchés à l'air et recueillies dans des microtubes stériles.

#### Protocole :

- les tiques ont été écrasés mécaniquement dans le tampon de lyse de 1 mL (0,1 NaCl, Tris-HCl 0.21M, pH8 EDTA 0.05M, SDS 0,5 %) ;
- puis une digestion enzymatique de la protéinase K (100 µg/mL) a été réalisée pendant 16 h (56 ° C) ;
- l'extraction de l'ADN a été ensuite réalisée par extraction phénol-chloroforme (1/2, 1/2) (Wallace, 1987) ;
- l'ADN est ensuite précipité avec de l'éthanol absolu (deux volumes) et resuspendu dans 200 µl de tampon de TE 1 × (Tris 10 mM, EDTA 1 mM, pH8).

#### II-3-3-3. Analyse des tiques par la PCR

##### II-3-3-3-1. Diagnostic d'*Anaplasma spp*

On a utilisé une PCR semi nichée (*Semi nested PCR* : snPCR) pour détecter *Anaplasma* chez les tiques collectées sur les bovins, les ovins et les caprins. C'est une PCR en deux tours successifs, avec deux couples d'amorce différents. La snPCR a été optimisée en utilisant des amorces spécifiques pour identifier le gène codant pour la Msp5 qui est une protéine majeure de surface de 19 kda fortement conservée chez les différentes espèces d'*Anaplasma* (Torioni de Echaide et al., 1998). Le gène codant pour la Msp5 a été amplifié à l'aide des amorces suivantes :

- 5'-GCATAGCCTCCGCGTCTTTC-3' pour le premier tour ;
- 5'-TCCTCGCCTTGGCCCTCAGA-3' pour le second tour ;
- 5'-TACACGTGCCCTACCGAGTTA-3'

**Protocole :**

- les deux réactions ont été réalisées dans les conditions suivantes : les échantillons ont été mis dans un thermocycleur *GeneAmp 2 400 system (Applied Biosystems Inc.)* sous le programme *Hot start* de 3 min à 95 °C, suivi de 35 cycles de dénaturation d'ADN de 30 s à 95 °C, une étape d'hybridation de 58s à 65°C, une étape d'extension de 30 s à 72 °C et une étape finale d'extension de 10 min à 72 °C.
- ensuite, le produit de la première PCR est soumis à une seconde PCR, avec les amorces appropriées, de 35 cycles sous les mêmes conditions.
- enfin, les produits ont été visualisés sur un gel d'agarose à 1,5 % contenant du bromure d'éthidium (100 bp *Ladder, Gibco BRL*). La première PCR a permis l'amplification de **457 pb**, et la seconde a permis d'identifier un fragment d'ADN de **345 pb** par comparaison avec un marqueur de poids moléculaire (100 bp *Ladder, Gibco BRL*).

**II-3-3-2. Diagnostic de *B. bovis* et de *B. bigemina***

Le diagnostic de *Babesia* spp a été réalisé par une **snPCR**. Ensuite, une **RFLP** (*Restriction Fragment Lent Polymorphism*) a été utilisée pour la différenciation entre *B. bovis* et de *B. bigemina*. Les paires d'amorces BabF5/BabR2 et BabF5/BabR (Tableau 1) ont été utilisés pour amplifier un fragment d'ADN de **848 pb** de bases pour *Babesia* sp.

**Tableau 1 : Séquences des amorces utilisées pour le diagnostic de *Babesia* sp par la nsPCR**

Amorces	Séquences	Tour	Paire d'amorce	T° d'hybridation (°C)
Bab F5	5'TGCGAATGGCTCATTACAACAGTTAT AGTTTC 3'	1	BabF5/BabR2	55
Bab R2	5'TTG ATT TCT CTC AAG GTG CTG AAG GAG TCG 3'			
Bab R	5'TTGATTTCTCTCAAGGTGCTGAAGGA GTC 3'	2	BabF5/BabR	55

**Protocole :**

- l'amplification a été réalisée dans des tubes de 250 µl. Chaque tube a été additionné de 25 µl d'un mélange composé de 50 mM KCl, 10 mM Tris-HCl (pH de 8,3), 1,6 mM

MgCl<sub>2</sub>, 200 µM de chacune des quatre bases dNTPs, 20 pM de chaque amorce, 0,5 U Taq polymérase, 1 µl (*Yellow SubTM /GENEO BioProducts, Hamburg, Germany*) et 5 µl d'ADN pour le premier tour, et 0,5 µl du mélange premier cycle a été utilisé pour le second tour. Les échantillons ont été recouverts d'une huile minérale et ont été ensuite placés dans le thermocycleur (*GeneAmp 2400 system /Applied Biosystems Inc.*) Le programme d'amplification était le suivant :

- une première série de 40 cycles composée de trois étapes (étape de dénaturation de 30 s à 94 °C, étape d'hybridation de 45 s à 55 °C et étape de polymérisation de 60 s à 72 °C) ;
  - une deuxième série de 25 cycles comprenant les mêmes étapes. Chaque Tour commence avec une étape de dénaturation de 3 min à 94 °C et se termine avec une étape d'extension de 8 min à 72 °C.
- en fin, un volume de 5 µl de chaque produit de la PCR a été chargé avec 2 ml de tampon sur un gel d'agarose 2 % et soumis à une électrophorèse pendant 20 min à 100 V. Le gel a été coloré par le bromure d'éthidium, lavé sous l'eau du robinet et photographié sous UV.
- par la suite, les échantillons positifs ont été soumis à une digestion avec l'enzyme de restriction Bsd I (Tableau 2). La digestion a été effectuée conformément aux instructions fournies par le fabricant (*Gibco, UK*) utilisant 10 U µg<sup>-1</sup>ADN (0.6 U µl<sup>-1</sup> produit de PCR), 5 µl d'ADN amplifié dans un volume total de 15 µl. La restriction est effectuée dans l'incubateur pendant une nuit à 37 °C. Un volume de 6 µl d'échantillon est mélangé avec 2 µl de tampon de charge a été transféré sur un gel de polyacrylamide 10 % avec un marqueur de poids moléculaire (100 bp) (*MBI, Fermentas, Lithuania*) pour déterminer la taille des fragments digérés. Les fragments d'ADN ont été séparés par électrophorèse horizontale dans un tampon TAE 0.5x à 100 V pendant 2h30. Le gel est coloré à l'aide d'un kit de coloration (*Silver Staining Kit DNA plusone, Pharmacia Biotech, Uppsala, Sweden*). Les contrôles positifs des échantillons proviennent de sangs infectés par *B. bovis* et *B. bigemina* prélevés de deux génisses infectées expérimentalement, les prélèvements ont été effectués lors de la phase clinique des maladies ; l'eau distillée a été utilisé comme témoin négatif.

**Tableau 2 : Longueurs attendues des fragments après restriction par l'enzyme Bsd I.**

	<i>B. bigemina</i>	<i>B. bovis</i>
<b>Taille du fragment total</b>	848	848
<b>Taille des fragments après restriction</b>	230 190 170 100 80	300 225 200 80

### II-3-3-3. Diagnostic de *T. annulata*

Le diagnostic de *T. annulata* a été réalisé selon la méthode **18S PCR-RFLP** décrite par Geysen et al. (2000). Les paires d'amorces utilisées dans le premier et deuxième tour de la snPCR et les conditions d'amplification sont représentées dans le tableau 3.

#### Protocole :

- l'amplification a été effectuée dans des microtubes de 250 µl. Chaque tube contient un volume total de 25 µl de mix. Le mix se compose de 50 mM KCl, 10 mM Tris-HCl (pH 8.3), 1,5 mM MgCl<sub>2</sub>, 200 µM de chaque dNTP, 20 pmol de chaque amorce, 0.5 U de l'enzyme Taq polymérase (Goldstar, Eurogentec) et 5 µl de l'ADN à amplifier, 1 µl de yellow sub (GENEO BioProducts, Hambourg, l'Allemagne)
- ensuite, chaque mélange est recouvert de 50 µl de fine goutte d'huile ;
- pour le deuxième tour, un volume de 0,5 µl du produit amplifié au premier tour a été ajouté au Mix de la snPCR à 84 °C (sous le programme *Hot start*), contenant les mêmes ingrédients et concentrations, à l'exception de la Taq polymérase où 0,3 U ont été utilisés ;
- le programme d'amplification était le suivant :
  - étape 1 : 94 °C pendant 4 min ;
  - étape 2 : 94 °C pendant 1 min ;
  - étape 3 : recuit à 58 °C au premier tour et 55 °C au second tour pendant 45 s ;
  - étape 4 : extension à 72 °C pendant 1 min.
- les étapes 2-4 ont été répétées 39 fois au premier tour et 24 fois au second tour. Étape 5 : une phase d'extension finale à 72 °C pendant 8 min.
- un volume de 5 µl de chaque produit de la PCR a été dilué dans 2 µl de *Loading buffer* et déposé dans un gel d'agarose de 2 %. Le gel a été soumis à une électrophorèse pendant 20 minutes à 100 V. Le gel a été déposé dans du bromure d'éthidium, après l'avoir lavé sous l'eau, le gel a été enfin visualisé sous UV ;

- par la suite, les échantillons positifs ont été soumis une restriction avec l'enzyme de restriction Msp I à 37 °C en suivant les instructions du fabricant (Gibco, R-U) employant 10 U ug<sup>-1</sup> ADN (0.6 U ul<sup>-1</sup> produit de la PCR). 5 µl d'ADN amplifié dans un volume total de 15 µl. Les échantillons ont été ensuite incubés pendant une nuit à 37 °C ;
- le lendemain, un volume de 6 µl de l'échantillon digéré est mélangé avec 2 µl de *loading buffer* puis transféré sur un gel de polyacrylamide de 10 % avec un marqueur de poids moléculaire (*MBI, Fermentas, Lithuanie*) pour la détermination de taille du fragment d'ADN ;
- les fragments d'ADN digérés sont séparés par l'électrophorèse verticale dans un tampon 0.5xTAE à 100 V durant 2.5 h. Ensuite, le gel est coloré par un kit commercialisé (*Silver staining kit DNA plusone, Pharmacia Biotech, Uppsala, Sweden*). L'ADN provenant de bovin infecté expérimentalement par *T. annulata* a été utilisé comme témoin positif et l'eau distillée a été utilisée comme témoin négatif.

**Tableau 3: Séquences des amorces utilisées pour le diagnostic de *T. annulata* par PCR**

Amorces	Séquences	Tour	Paires d'amorce	T° d'hybridation (°C)
18SF4	CGTTTTACATGGATAACCGTGCTAA	1	18SF4/18SR4	58
18SR4	TAAAAACTGACGACCTCCAATCTCTAGT			
18SNR	GGCATTGTTTATGGTTAGGA	2	18SF4/18SnR	55

**Tableau 4 : Longueurs attendues des fragments d'ADN après restriction par l'enzyme Msp I**

	<i>T. annulata</i>
Taille du fragment total	850
Taille des fragments après restriction	750
	100

#### II-4. Enquête auprès des vétérinaires

Afin de délimiter les zones de répartition de chaque hémoparasitose, une fiche technique a été soumise aux vétérinaires pratiquant au voisinage des sites concernés par l'étude. Les questions reposaient essentiellement sur le nombre de cas d'hémoparasitoses traités durant les trois dernières années. Ainsi, les sites où il y'a eu :

- plus de dix cas traités par an ont été considérés comme hautement contaminés ;
- les sites qui enregistrent entre cinq et dix cas par an sont considérés comme moyennement contaminés ;
- les sites qui enregistrent moins de cinq cas par an sont considérés comme faiblement contaminés.

## II-5. Analyse statistique

Afin de déterminer la corrélation entre certains facteurs liés aux ruminants (âge, sexe, race, type d'élevage et climat) et la contamination par les hémoparasitoses et les tiques, une analyse statistique des données a été réalisée en utilisant le test V de Cramer (communément appelé phi de Cramer et prend le symbole  $\Phi_c$ ). Ce test est une forme centrée réduite du  $\chi^2$  (*khi-deux* ou *khi carré*) qui permet de mesurer l'association entre deux variables nominales.  $\Phi_c$  varie entre 0 (qui correspond à aucune association entre les deux variables) et 1 (qui correspond à une association complète). Plus la valeur  $\Phi_c$  est proche de 1 plus il y a corrélation entre les deux variables.  $\Phi_c$  est calculé selon la formule:

$$\Phi_c = \sqrt{\frac{\chi^2}{N(K-1)}}$$

$N$  : le total général d'observations

$K$  : étant le nombre de lignes ou le nombre de colonnes

## CHAPITRE II : RÉSULTATS ET DISCUSSION

### I. RÉSULTATS

#### I-1. Séroprévalences des hémoparasitoses

##### I-1-1. Bovins

Sur 1040 sérums de bovins analysés, 689 (66,25 %) étaient positifs à l'une des quatre hémoparasites diagnostiqués (*B. bovis*, *B. bigemina*, *T. annulata* et *A. marginale*) (Annexe 1 : Tableau 1).

Sur l'ensemble des sérums analysés, *T. annulata* est la plus prévalente avec 35,57 % (370/1040), suivie de *A. marginale* avec 20,48 % (213/1040), suivi de *B. bigemina* avec 13,55 % (141/1040) puis par *B. bovis* avec 12,01 % (125/1040), comme il est montré dans la figure 23.

On a constaté que les quatre hémoparasites étaient présents au niveau des quatre régions de l'étude avec des séroprévalences plus au moins importantes (Annexe 1 : Tableau 2)

La séroprévalence variait d'une région à une autre. Ainsi, *T. annulata* était la plus prévalente au niveau des quatre régions, *B. bovis* l'était au niveau de la région du Gharb, *B. bigemina* l'était au niveau de la région du Haouz tandis que *A. marginale* était la plus prévalente au niveau du Gharb et Doukkala.

Par ailleurs, sur les 1040 sérums analysés, 155 (14,90 %) se sont révélés porteurs de plus d'un parasite (infections mixtes), soit deux ou trois hémoparasites à la fois (*B. bovis* + *B. bigemina* ; *B. bovis* + *A. marginale* ; *B. bovis* + *T. annulata* ; *T. annulata* + *A. marginale* ; *B. bovis* + *B. bigemina* + *A. marginale*).

Les infections mixtes étaient présentes au niveau des quatre régions de l'étude. L'infection mixte (*T. annulata* + *A. marginale*) était la plus rencontrée et au niveau des quatre régions de l'étude. C'est au niveau de la région du Gharb où sont rencontrés le plus de cas d'infection mixtes.

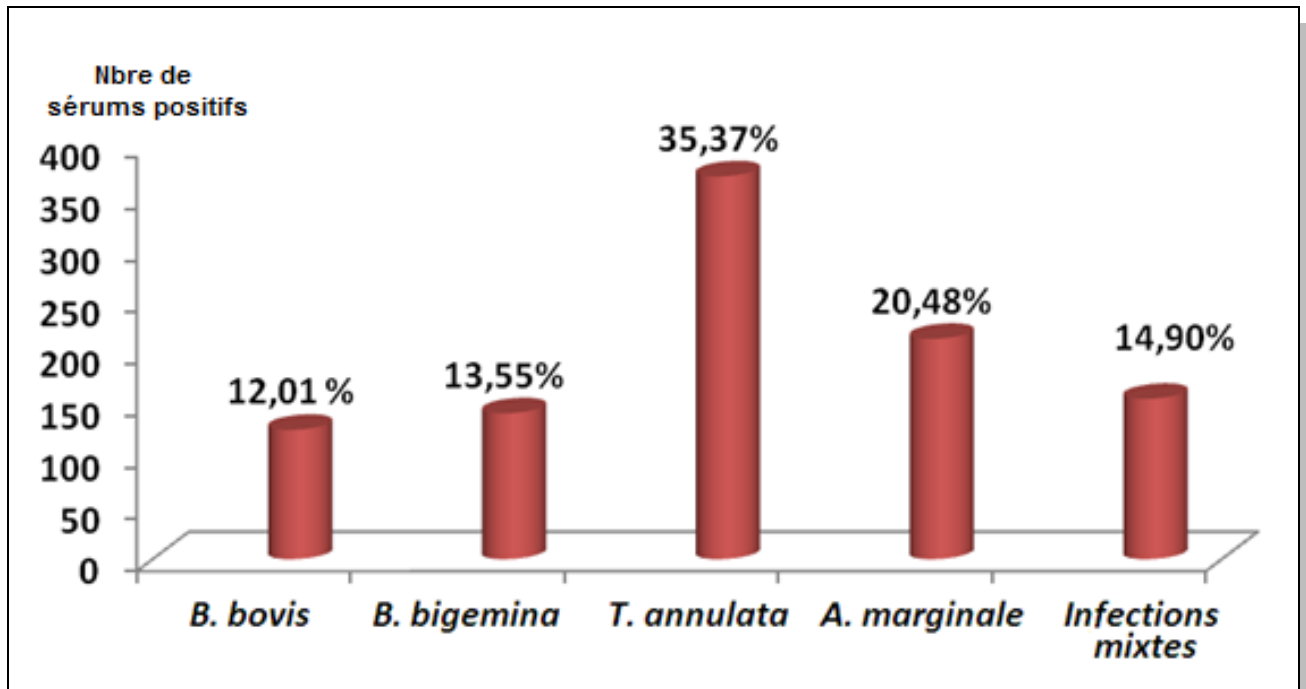


Figure 23 : Séroprévalence globale des Hémoparasites chez les bovins

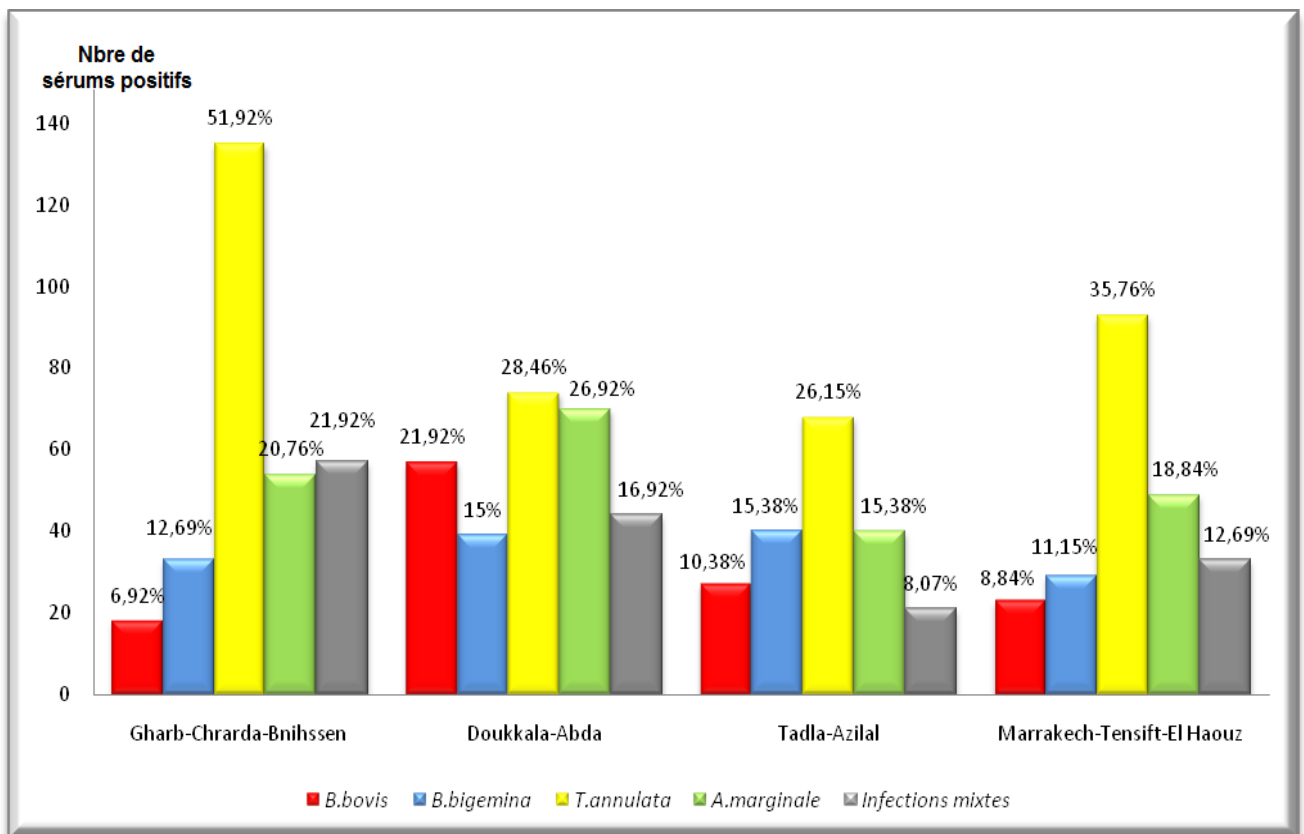


Figure 24 : Séroprévalence des quatre hémoparasitoses des bovins selon la région

### I-1-2. Ovins

Sur 860 sérums ovins analysés, 590 étaient positifs à *Anaplasma (A. ovis)* soit une séroprévalence globale de 68,60 %. Cette Rickettsie est présente au niveau des quatre régions concernées par l'étude (*Annexe 1* : Tableau 3) avec une séroprévalence variable d'une région à une autre (Figure 25).

### I-1-3. Caprins

Sur 520 sérums de caprins analysés, 271 étaient positifs à *Anaplasma (A. ovis)* soit une séroprévalence globale de (52,53 %). On constate que ce dernier est présent au niveau des quatre régions concernée par l'étude (*Annexe 1* : Tableau 4)

Comme pour les ovins, la séroprévalence d'*A. ovis* chez les caprins varie d'une région à une autre comme il est illustré sur la figure 26. Comme chez les ovins, c'est la région du Gharb-Chrarda-Bni Hssen qui est la plus contaminée par cette rickettsie (65,38 %).

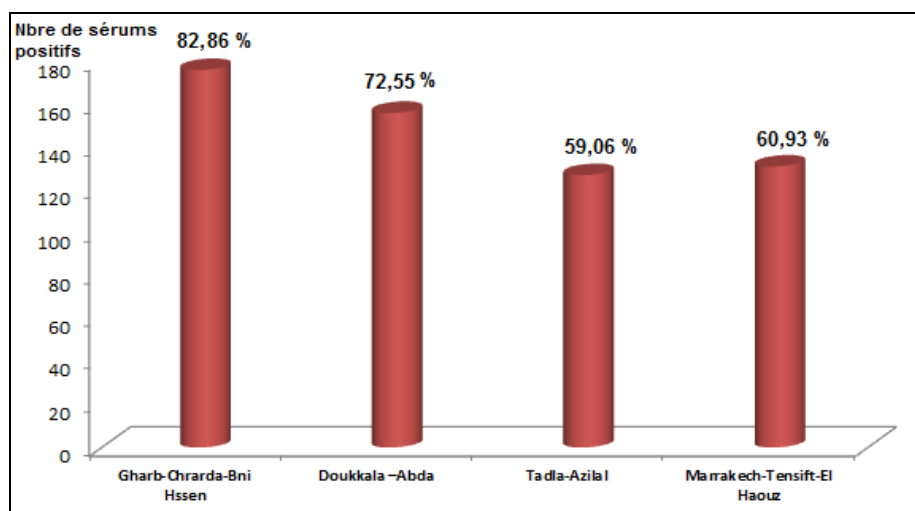


Figure 25 : Séroprévalence de *A. ovis* chez les ovins selon la région

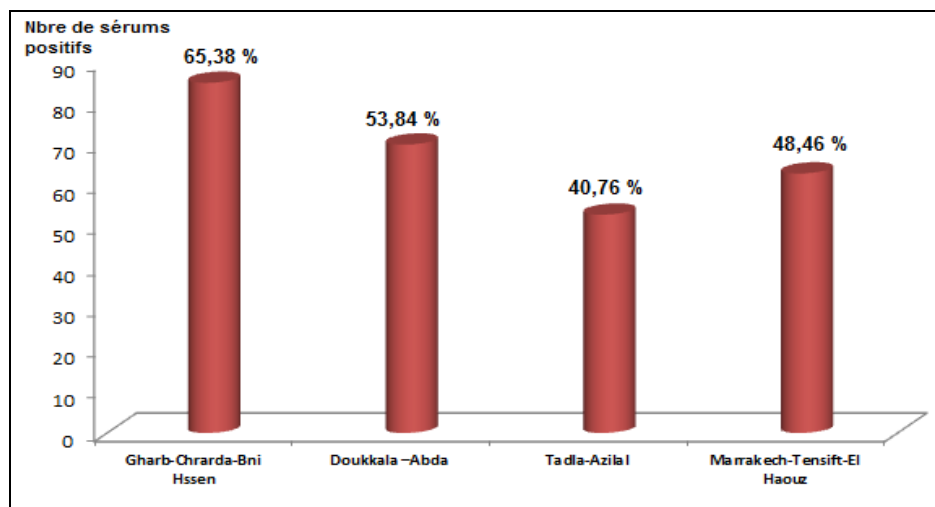


Figure 26: Séroprévalence de *A. ovis* chez les caprins au niveau des quatre

régions de l'étude

I-2. Identification des tiques

L'identification des tiques a révélé l'existence de 10 espèces (Figure 27) appartenant à trois genres de la famille des *Ixodidae*; à savoir : *Hyalomma marginatum*; *Hy lusitanicum*, *H. excavatum*, *H. dromedarii* , *H. impeltatum*, *H. scupense*, *Rhipicephalus bursa*, *R. turanicus*, *R. sanguineus* R. (*Boophilus*) *annulatus*.

Des infestations simultanées par deux, trois, voire quatre espèces de tiques ont été constatées sur le même animal et ce au niveau des quatre régions de l'étude.

I-2-1. Bovins

Au total, 8766 tiques ont été collectées au niveau des quatre régions concernées par l'étude (5777 sur les bovins, 1540 sur les ovins, 925 sur les caprins et 524 sur les pâtures).

L'abondance des tiques variait d'une espèce à une autre (Figure 27) et d'une région à une autre (*Annexe III* : Tableau 1), ainsi on a constaté que la région du Gharb-Chrarda-Bni Hssen était la plus infestée par les tiques, suivie de la région de Doukkala-Abda suivie de la région du Marrakech-Tensift-Al Haouz puis la région de Tadla

Les 10 espèces identifiées ont été rencontrées sur les bovins, 6 espèces du genre *Hyalomma* et 4 espèces du genre *Rhipicephalus* (Figure 28).

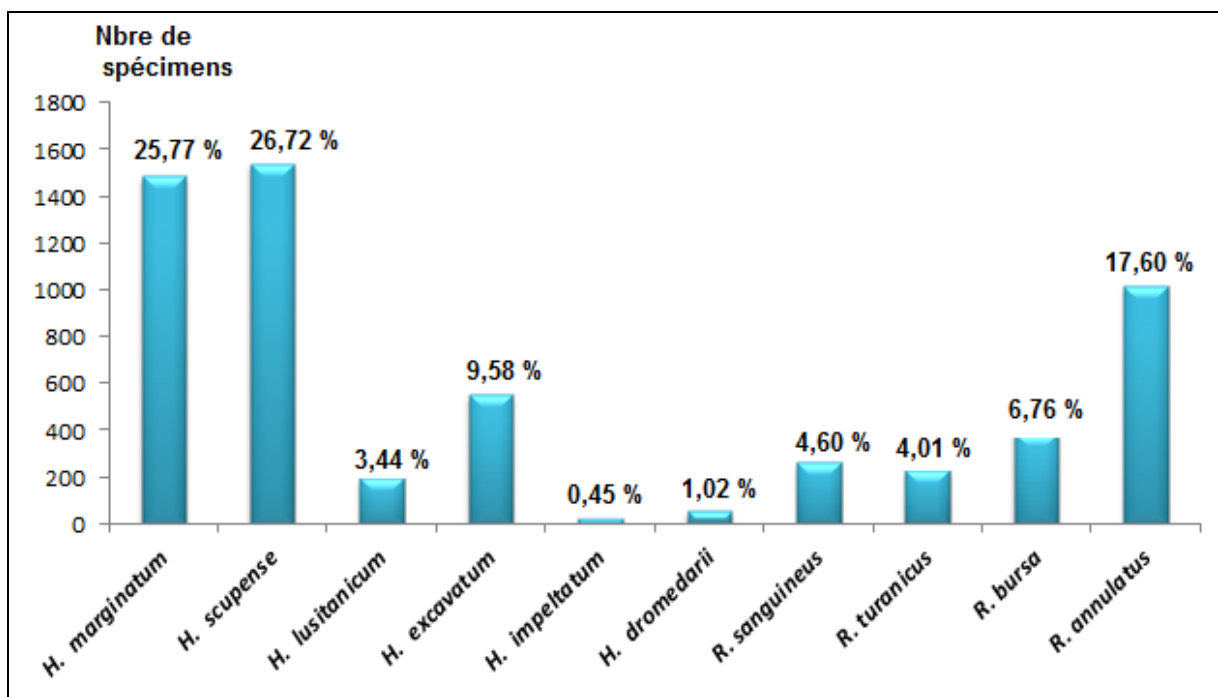


Figure 27 : Importance relative globale des espèces de tiques collectées sur les bovins



*H. marginatum*



*H. scupense*



*H. excavatum*



*H. lusitanicum*



*H. dromedarii*



*H. impeltatum*



*R. sanguineus*



*R. bursa*



*R. turanicus*



*R. (Boophilus) annulatus*

Figure 28 : Photos des différentes espèces de tiques rencontrées (IAV Hassan II, 2007)

### I-2-2. Ovins

La collecte des tiques sur les bovins a permis de collecter quatre espèces : *R. sanguineus*, *R. bursa*, *R. turanicus* et *H. excavatum* avec des prévalences variables (Figure 29).

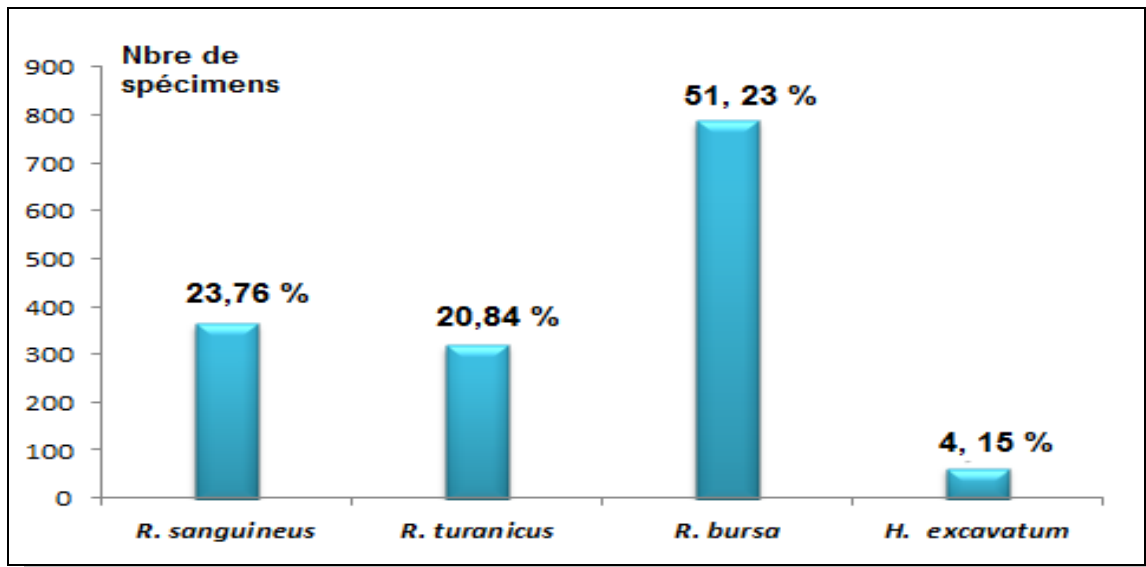


Figure 29 : Importance relative des espèces de tiques collectées sur les ovins

L'importance des quatre espèces de tiques rencontrées sur les ovins varie d'une région à une autre. Toutefois, nous avons constaté que l'espèce *R. bursa* était la plus abondante au niveau des quatre régions avec une importance relative de 51,23 % et l'espèce *H. excavatum* était l'espèce la moins abondante avec 4,15 % (Figure 30).

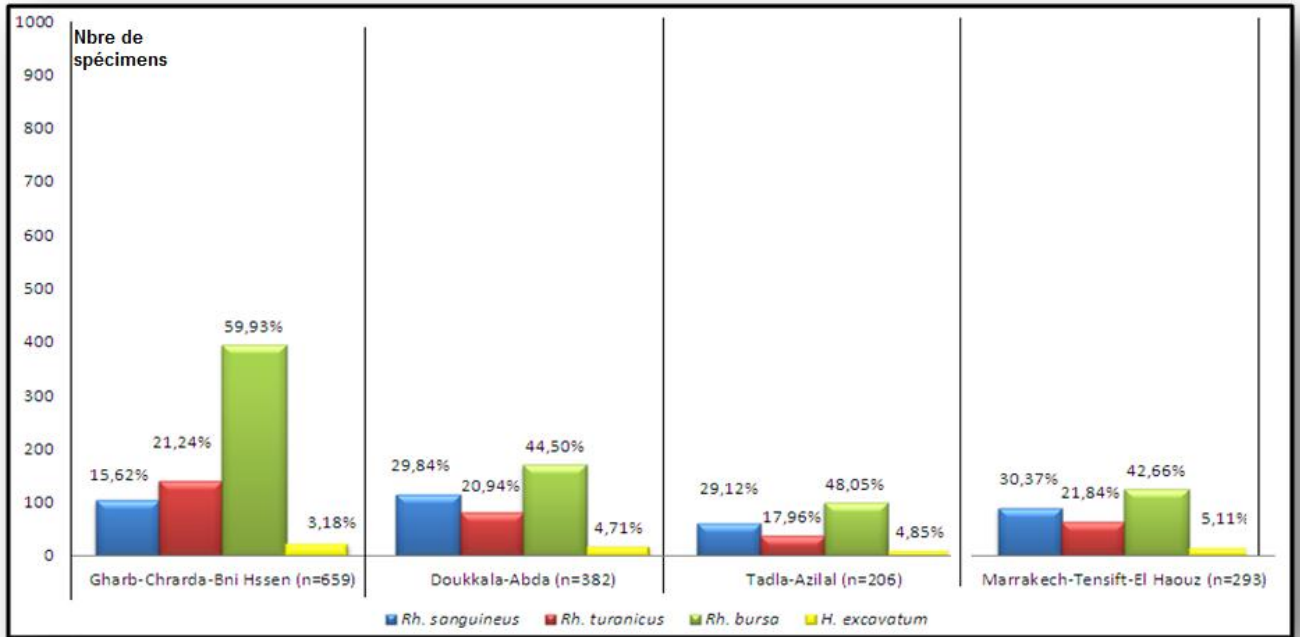


Figure 30 : Importance relative des tiques collectées sur les ovins selon la région

### I-2-3. Caprins

Au total, 925 tiques ont été collectées sur les caprins soit 16,01 % de l'ensemble des tiques collectées lors de cette étude. Les mêmes espèces collectées chez les ovins ont été rencontrées chez les caprins à savoir *H. excavatum*, *R. sanguineus*, *R. bursa* et *R. turanicus* (Annexe III : Tableaux 4 et 5).

L'espèce *R. bursa* était la plus abondante chez les caprins avec une importance relative de 56,54% et l'espèce *H. excavatum* est la moins abondante avec une importance relative de 5,83% (Figure 31).

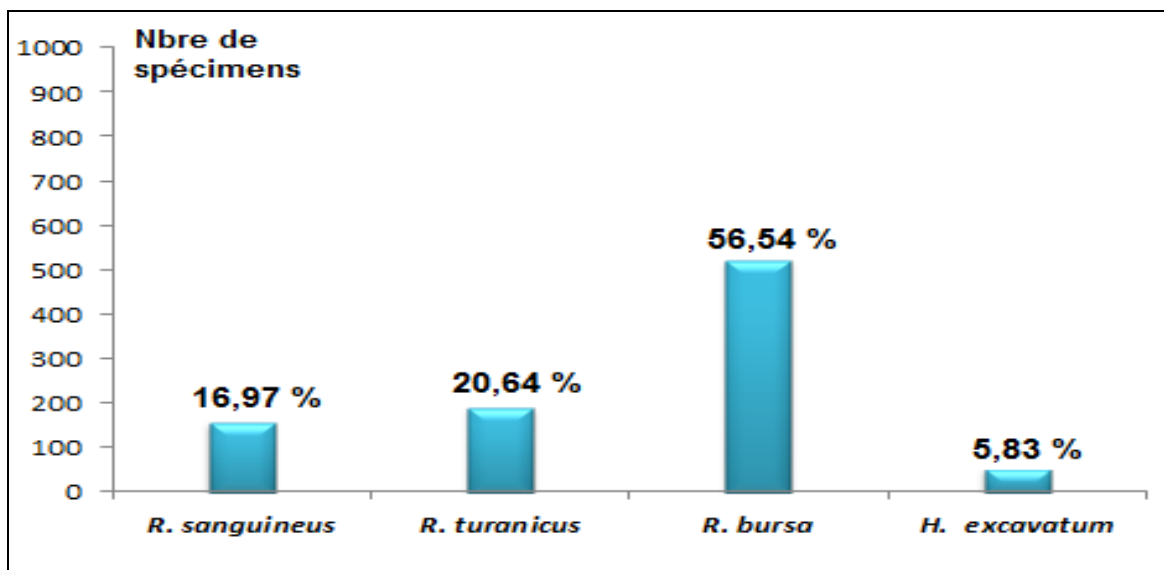


Figure 31 : Importance relative des tiques collectées sur les caprins

L'importance variait d'une région de l'étude à une autre. Cependant, et comme chez les ovins, on constate que l'espèce *R. bursa* est la plus abondante au niveau des quatre régions de l'étude comme il est illustré dans la figure 32.

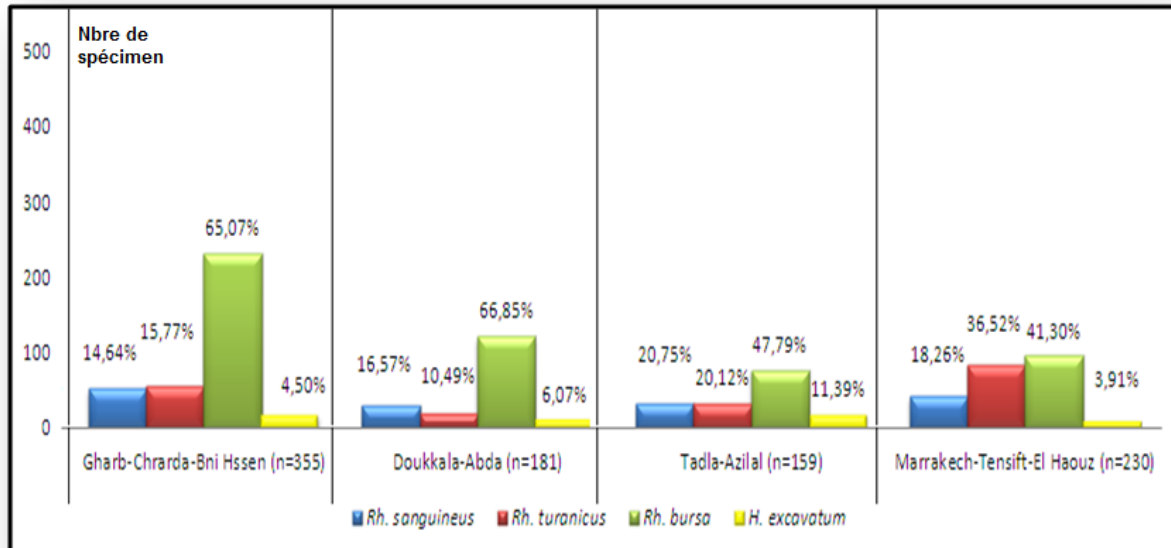


Figure 32 : Importance relative des tiques collectées sur les caprins selon la région

#### I-2-4. Pâtures

La technique du drapeau (*Drapping*) a permis de capturer cinq espèces qui sont toutes des espèces exophiles (Tableau 5).

Tableau 5 : Tiques collectées par la technique du drapeau (*Drapping*)

Espèces	Nombre
<i>R. sanguineus</i>	154
<i>R. turanicus</i>	114
<i>R. bursa</i>	121
<i>H. excavatum</i>	70
<i>H. marginatum</i>	65
<b>Total</b>	<b>524</b>

Ces espèces ont été collectées soit sur des feuilles ou tiges de plantes herbacées ou dans les bois, sur la litière d'arbres ou d'arbrisseaux.

### I-3. Epidémiologie des tiques

#### I-3-1. Dynamique saisonnière

La dynamique des tiques a été étudiée entre le mois d'avril 2007 et le mois de mars 2008. On a constaté que chaque espèce avait sa propre période d'activité et certaines espèces présentaient deux pics d'activité par saison. Les tiques du genre *Hyalomma* présentaient une activité entre le début du printemps jusqu'à la fin de l'été (mars – septembre), sauf pour l'espèce *H. excavatum* qui a été collectée tout au long de l'année. L'espèce *H. scupense* était active entre mars et septembre avec un pic en mai, et disparaissait en fin de septembre. L'espèce *H. marginatum* était active entre avril et septembre avec des pics en juin et juillet et disparaissait en fin de septembre. L'espèce *H. excavatum* était active toute l'année avec des pics en mars, mai et août. L'espèce *H. lusitanicum* était active entre avril et septembre avec deux pics un en mai et en août et disparaissent en fin de septembre. Les deux espèces espèce *H. dromedarii* et *H. impeltatum* étaient actives entre juin et août avec des pics en juillet. La dynamique des espèces de tiques du genre *Hyalomma* est représentée dans la figure 33.

Les espèces du genre *Rhipicephalus* présentaient une activité entre la fin de l'hiver et la fin de l'été. L'espèce *R. sanguineus* présentait deux pics d'activité, au printemps (avril) et en été (juin), disparaît en août et en hiver (décembre-février). L'espèce *R. bursa* était active en début du printemps (mars) jusqu'à la fin de l'été (fin août), avec un pic d'activité en juin. L'espèce *R. turanicus* était active en début du printemps (mars) jusqu'à la fin de l'été (fin août), avec un pic d'activité en fin de printemps (mai). La dynamique des espèces du genre *Rhipicephalus* est représentée dans la figure 34 :

L'espèce *R. (Boophilus) annulatus* présentait deux périodes d'activité, en automne (Septembre-Décembre) avec un pic en octobre. Ils disparaissent en janvier pour apparaître en fin de février jusqu'au fin avril et disparaissent été. La dynamique de *R. (Boophilus) annulatus* est présentée dans la figure 35 :

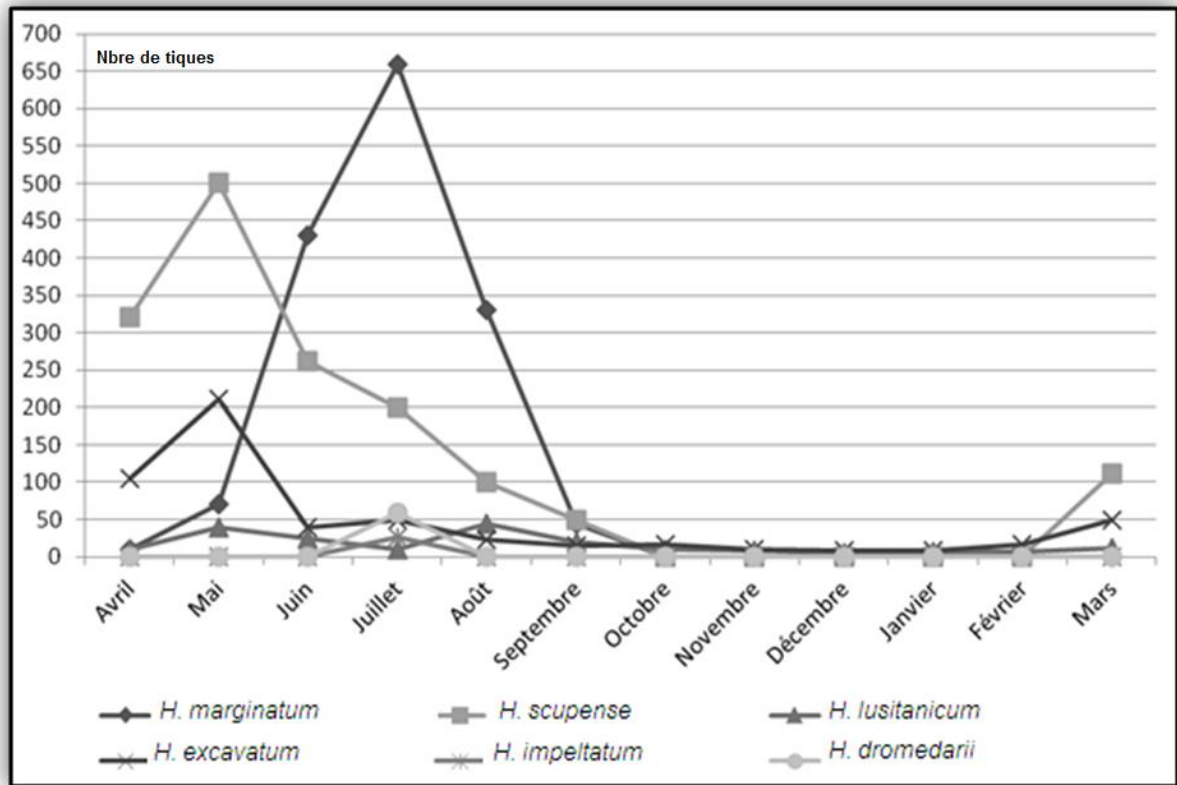


Figure 33: Activité saisonnière des tiques du genre *Hyalomma*

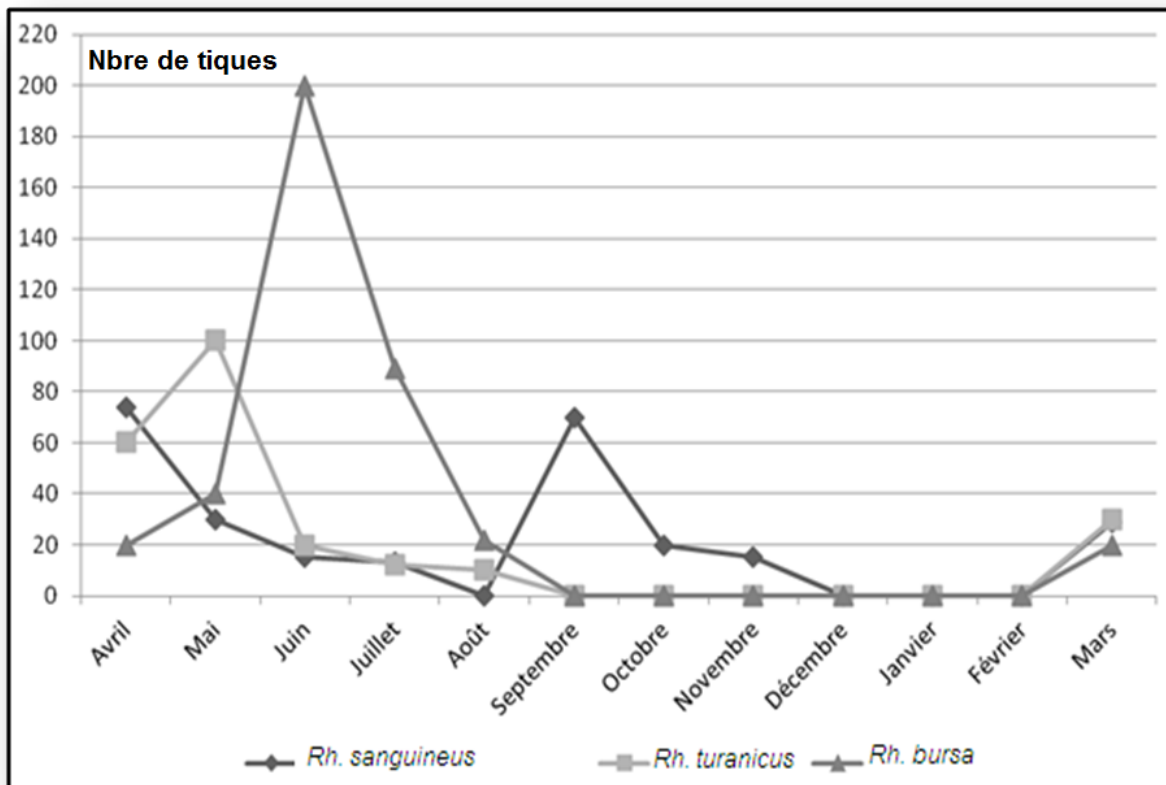


Figure 34: Activité saisonnière des tiques du genre *Rhipicephalus*

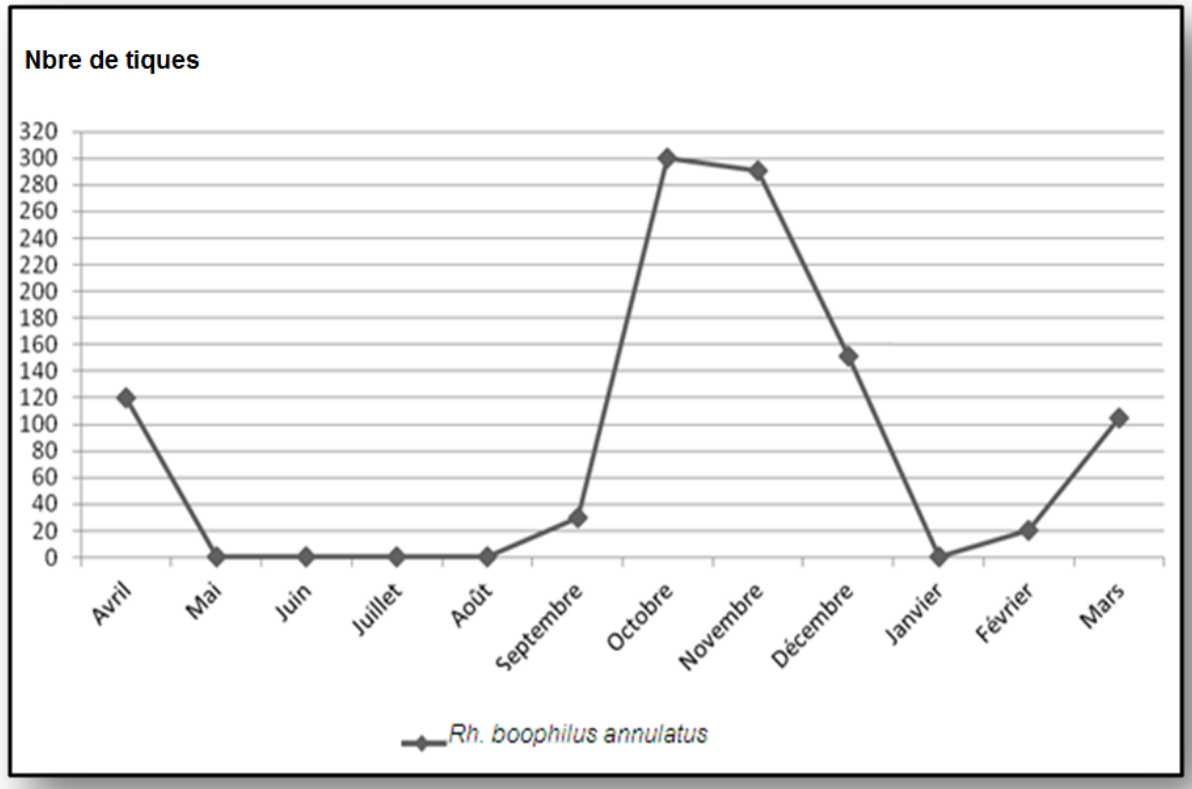


Figure 35: Activité saisonnière de *R. (Boophilus) annulatus*

### I-3-2. Cycle nyctéméral des vecteurs

L'étude du cycle nyctéméral des trois vecteurs incriminés dans la transmission des hémoparasitoses aux ruminants, a montré que les deux tiques exophiles à savoir *R. bursa* et *R. boophilus annulatus* ont une activité journalière qui coïncidait avec le mouvement des animaux ; à l'aube lorsque ces derniers s'apprêtaient à quitter l'exploitation, en milieu de la journée lorsqu'ils se dirigent vers les cours d'eau pour s'abreuvoir et en fin de journée lorsque les animaux rentrent. Pour la tique endophile, *H. scupense* qui passe tout son temps à l'intérieur de l'exploitation, son activité coïncidait avec le mouvement de sortie et de rentrée des animaux.

#### I-3-2-1. *H. scupense*

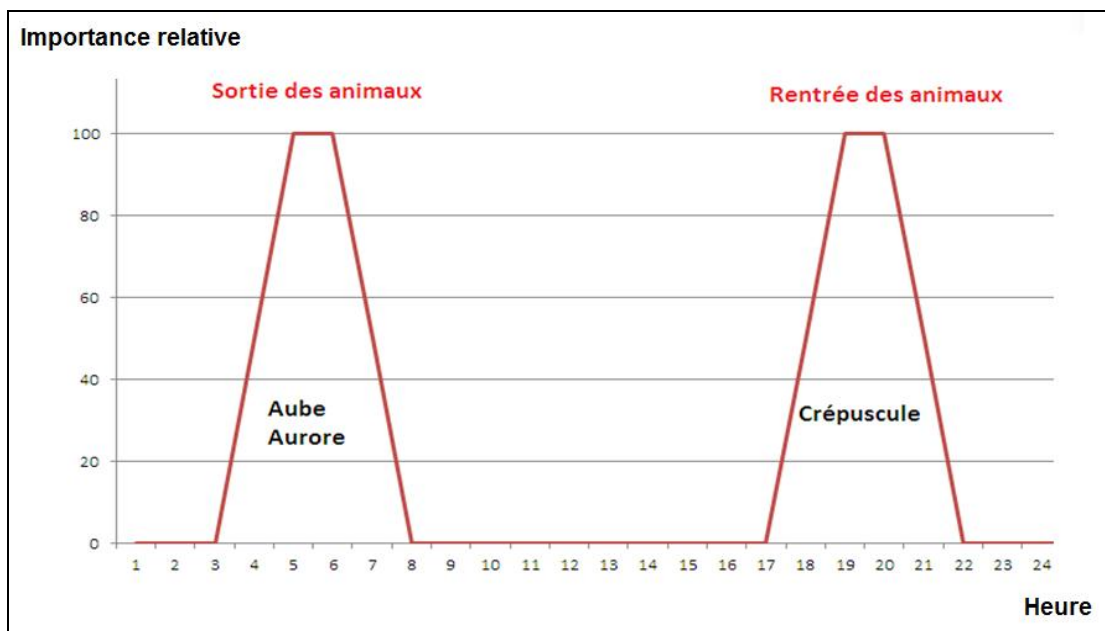
La technique de la source de CO<sub>2</sub> a permis de mettre en évidence deux périodes d'activité journalière de cette tique ; pendant l'aurore coïncidant avec le mouvement des animaux qui s'apprêtaient à quitter l'exploitation vers les pâtures et vers le crépuscule coïncidant avec le mouvement des animaux qui rentraient aux étables (Figure 36).

**I-3-2-2. *R. bursa***

La technique du drapeau « *Drapping* » a permis de capturer les adultes de cette tique à trois moments de la journée ; à l’aube coïncidant avec la sortie des animaux vers les pâtures, l’après-midi, lorsque les bovins sont en forêt, là où les températures sont moins élevées pour éviter la dessiccation et en fin de journée lorsque les températures baissent et les animaux sont en route de retour vers les exploitations (Figure 37).

**I-3-2-3. *R. (boophilus) annulatus***

Le *Drapping* a permis de capturer des larves de cette tique à trois moments de la journée. A l’aube, où il fait encore frais et les larves attendent la sortie des animaux vers les pâtures, en milieu de journée lorsque les bovins sont près des cours d’eau, là où l’humidité est assez importante pour permettre aux larves de *R. Bophilus annulatus* d’éviter la dessiccation, et en fin de journée lorsque les températures baissent et les animaux sont de retour vers les exploitations (Figure 38).



**Figure 36 : Cycle nyctéméral de *H. scupence***

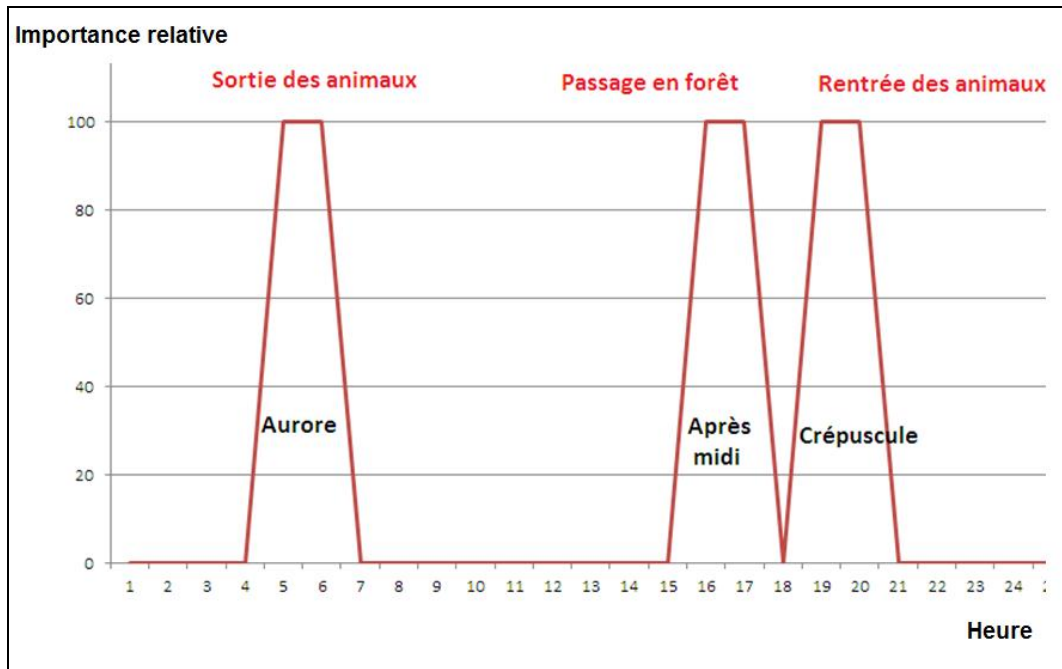


Figure 37 : Cycle nyctéméral de *R. bursa*

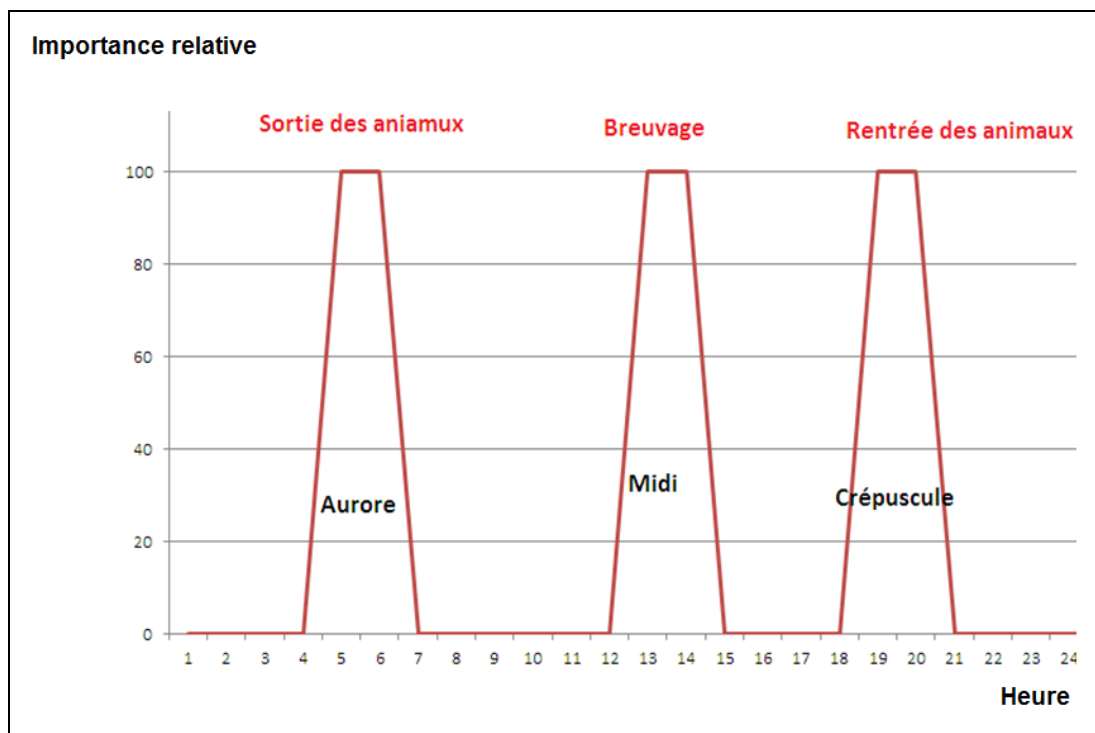


Figure 38 : Cycle nyctéméral de *R. (Boophilus) annulatus*

### I-3-3. Relation tiques-couvert végétal

Nous avons essayé au cours de cette étude de connaître les affinités de chaque espèce collectée vis-à-vis des plantes rencontrées dans les zones de collectes, dans le but d'établir une relation entre la période d'activité des tiques et la phénologie de ces plantes.

Par ailleurs, nous avons constaté que seules certaines espèces de tiques peuvent être collectées sur les pâtures par la méthode du drapeau : *R. sanguineus*, *R. bursa*, *R. turanicus*,

*H.* et *H. excavatum*. Ces espèces ont été collectées soit sur des feuilles ou tiges de plantes herbacées ou dans les bois, sur la litière d'arbres ou d'arbrisseaux.

### I-3-3-1. Relation entre *R. sanguineus* et plantes associées

#### I-3-3-1-1. Période d'activité de *R. sanguineus*

Cette espèce a été rencontrée au niveau de toutes les régions de l'étude, à la fois sur les animaux et dans les pâtures. Selon nos résultats, les adultes de cette espèce ont été collectés pendant deux périodes, au printemps entre les mois de mars et mai et à la fin de l'été entre août et novembre.

#### I-3-3-1-2. Périodes de croissance des plantes associées

Au cours des collectes, nous avons remarqué que *R. sanguineus* était étroitement liée à 6 espèces végétales, qui sont: *Bromus mollis* (Brome mou), *Lagurus ovatus* (Gros-minet ou Queue-de-lièvre), *Eucalyptus camaldulensis* (Gomme de rouge de fleuve), *Hedera helix* (Lierre), *Viburnum tinus* (Laurier-tin) et *Pistacia atlantica* (Pistachier de l'Atlas) (Figure 39).

Les périodes de croissance de ces plantes sont comme suit:

- ***Bromus mollis*** : plante annuelle de 10 à 80 cm à tiges dressées, finement pubescentes au sommet, apparaît de mars à août avec une floraison d'avril à juillet ;
- ***Lagurus ovatus*** : plante herbacée annuelle de taille de 10 à 30 cm, apparaît de mars à juillet ;
- ***Eucalyptus camaldulensis*** : arbre pluriannuel de 30 m de haut, se développe en isolation sur les sols fertiles profonds avec une bonne offre d'humidité ;
- ***Hedera helix*** : plante grimpante vivace de 20 m à feuillage persistant automne-printemps avec une floraison en été;
- ***Viburnum tinus*** : plante vivace, rustique à feuillage persistant vert sombre de 5 à 10 cm de long avec une période de floraison estivale ;
- ***Pistacia atlantica*** : grand arbre avec large verrière à feuilles caduques de 25 à 30 m de taille et à croissance lente. Séjour de feuillage en automne.

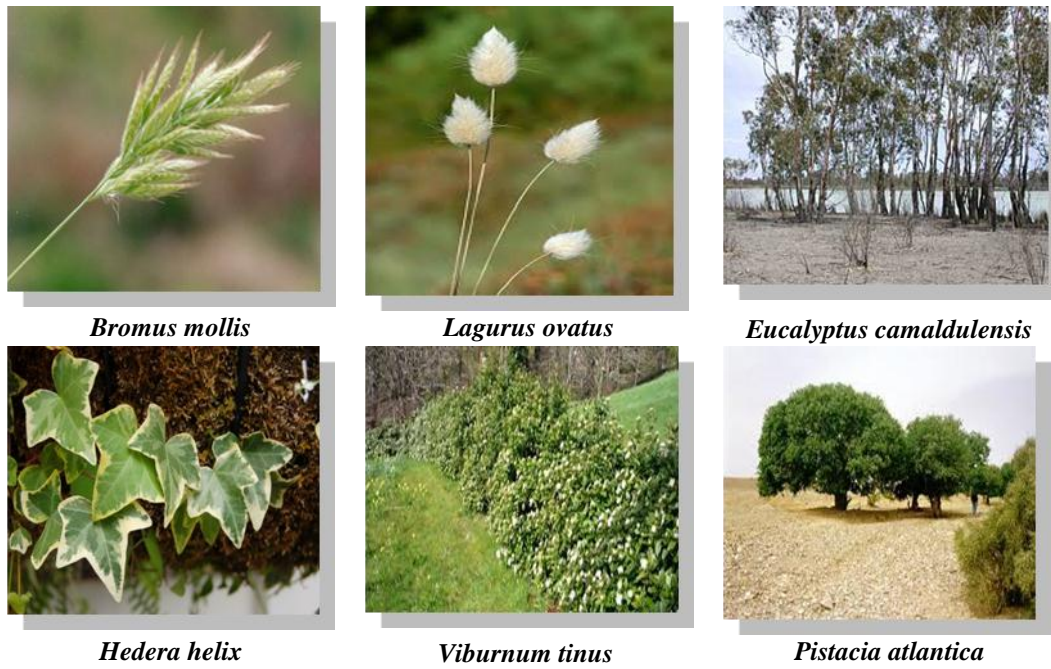


Figure 39 : Plantes associées à *R. sanguineus* (IAV Hassan II)

### I-3-3-1-3. Coïncidence temporelle

La connaissance des plantes, associées à chaque espèce de tique et leurs périodes de croissance, permettrait d'éviter le pâturage des animaux auprès de ces plantes utilisées par les tiques pour l'affût.

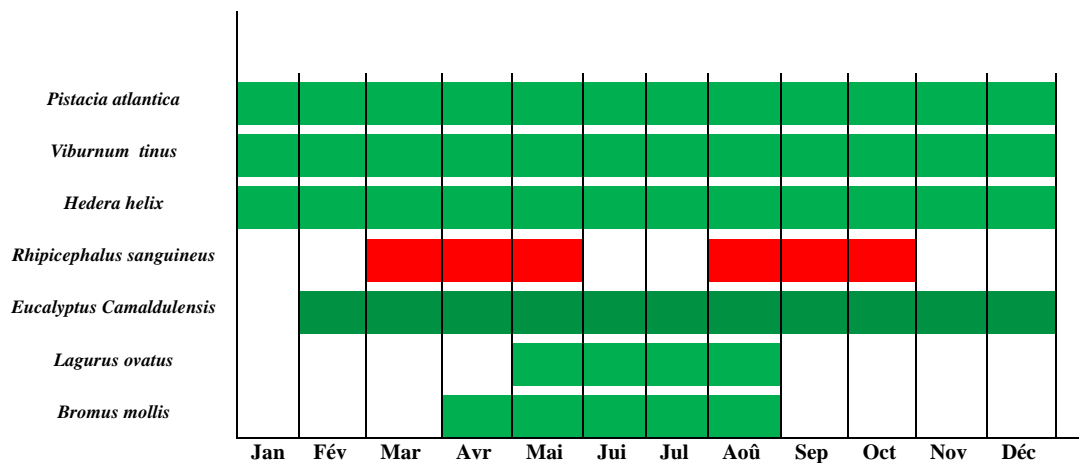


Figure 40 : Coïncidence temporelle de *R. sanguineus* et des plantes associées

### I-3-3-2. Relation entre *R. bursa* et plantes associées

#### I-3-3-2-1. Période d'activité de *R. bursa*

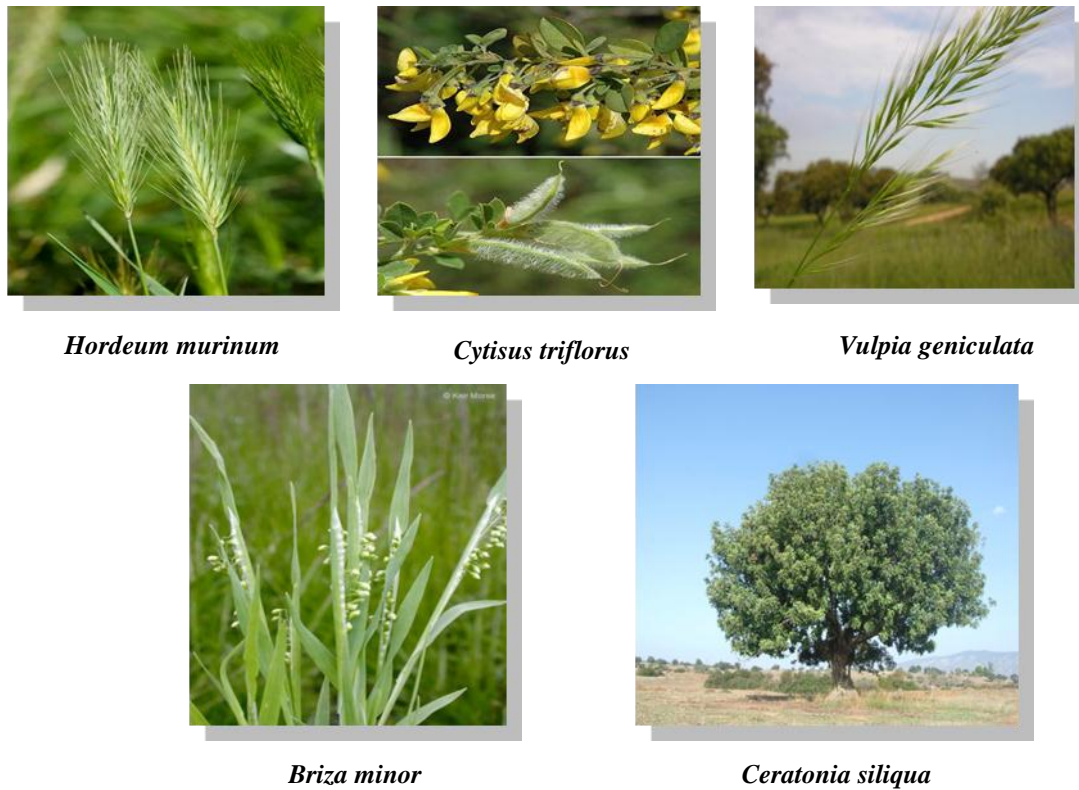
Cette espèce a été rencontrée au niveau de toutes les régions de l'étude, à la fois sur les animaux et dans les pâtures. Selon nos résultats, les adultes de cette espèce ont été collectés pendant deux périodes, à la fin de l'hiver et le début du printemps entre les mois de février et mars et pendant l'été entre les mois de juin et août.

#### I-3-3-2-2. Périodes de croissance des plantes associées

Nous avons remarqué que l'espèce *R. bursa* était étroitement liée à certaines espèces végétales : *Hordeum murinum* (Orge des rats), *Cytisus triflorus* (Pourret - Cytise à trois fleurs), *Vulpia geniculata* (Vulpie genouillée), *Briza minor* (Petite brize) et *Ceratonia celiqua* (Caroubier) (Figure 41).

Les périodes de croissance de ces plantes sont comme suit:

- ***Hordeum murinum*** : plante annuelle de 10 à 30 cm, à tige courbée à la base, feuilles poilues à ligule courte ; en touffes dans les lieux piétinés, bord des chemins ensoleillés elle pousse en mi-février avec une floraison entre mai à août ;
- ***Cytisus triflorus*** : arbuste à feuillage persistant d'une hauteur adulte : 1,50 à 2 m avec une floraison au printemps ;
- ***Vulpia geniculata***: plante Graminée annuelle de taille entre 15 à 60 cm. Elle apparaît entre mars et août ;
- ***Briza minor*** : plante annuelle d'une taille à l'âge adulte entre 15 à 50 cm. Avec tige dressée et quelquefois genouillée à la base. Les feuilles sont un peu rudes et planes d'une couleur bleutée et longue de 8 à 15 cm et large de 5 à 12 mm. Cette plante apparaît entre mars et avril ;
- ***Ceratonia siliqua***: arbre de taille moyenne de 5 à 7 mètres de hauteur, pouvant atteindre exceptionnellement 15 mètres; sa longévité peut atteindre 500 ans. Les feuilles, grandes de 12 à 30 cm, alternes et persistantes avec une floraison entre août et octobre.



*Hordeum murinum*

*Cytisus triflorus*

*Vulpia geniculata*

*Briza minor*

*Ceratonia siliqua*

Figure 41 : Plantes associées à *R. bursa* (IAV Hassan II)

### I-3-3-2-3. Coïncidence temporelle

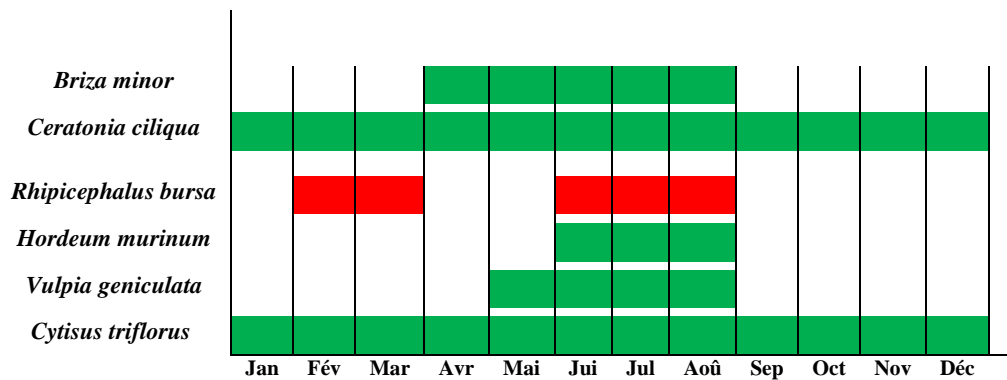


Figure 42 : Coïncidence temporelle de *R. bursa* et des plantes associées

### I-3-3-3. Relations entre *R. turanicus* et plantes associées

#### I-3-3-3-1. Période d'activité de *R. turanicus*

Cette espèce a été rencontrée au niveau de toutes les régions de l'étude, à la fois sur les animaux et dans les pâtures. Selon nos résultats, les adultes de cette espèce ont été collectés pendant la période entre mars et août avec un pic d'activité en mai.

### I-3-3-3-2. Périodes de croissance des plantes associées

Cette tique est étroitement liée aux espèces végétales suivantes : *Hedera helix* (Lierre), *Viburnum tinus* (Laurier-tin), *Ceratonia ciliqua* (Caroubier), *Lagurus ovatus* (Gros-minet ou queue-de-lièvre), *Chamaerops humilis* (Palmier nain), *Bromus mollis*, *Hordeum murinum* (Orge des rats - Orge des souris)

Les périodes de croissance de ces plante sont comme suit:

- ***Ceratonia siliqua***: arbre de taille moyenne, 5 à 7 mètres de hauteur, pouvant atteindre exceptionnellement 15 mètres. Sa longévité peut atteindre 500 ans, les feuilles, grandes de 12 à 30 cm, alternes, persistantes ; floraison d'août à octobre ;
- ***Chamaerops humilis*** : plante vivace, rustique à feuillage persistant ; les jeunes plantes se développent assez lentement les cinq premières années puis la croissance s'accélère grandement (comme pour la plupart des palmiers) compte tenu bien sûr de la taille finale de l'espèce ;
- ***Viburnum tinus*** : plante vivace, rustique à feuillage persistant vert sombre de 5 à 10 cm de long avec une période de floraison estivale ;
- ***Lagurus ovatus*** : plante herbacée annuelle de taille de 10 à 30 cm, apparaît de mars à juillet ;
- ***Hedera helix***: plante grimpante vivace de 20 m à feuillage persistant automne-printemps avec une floraison en été.

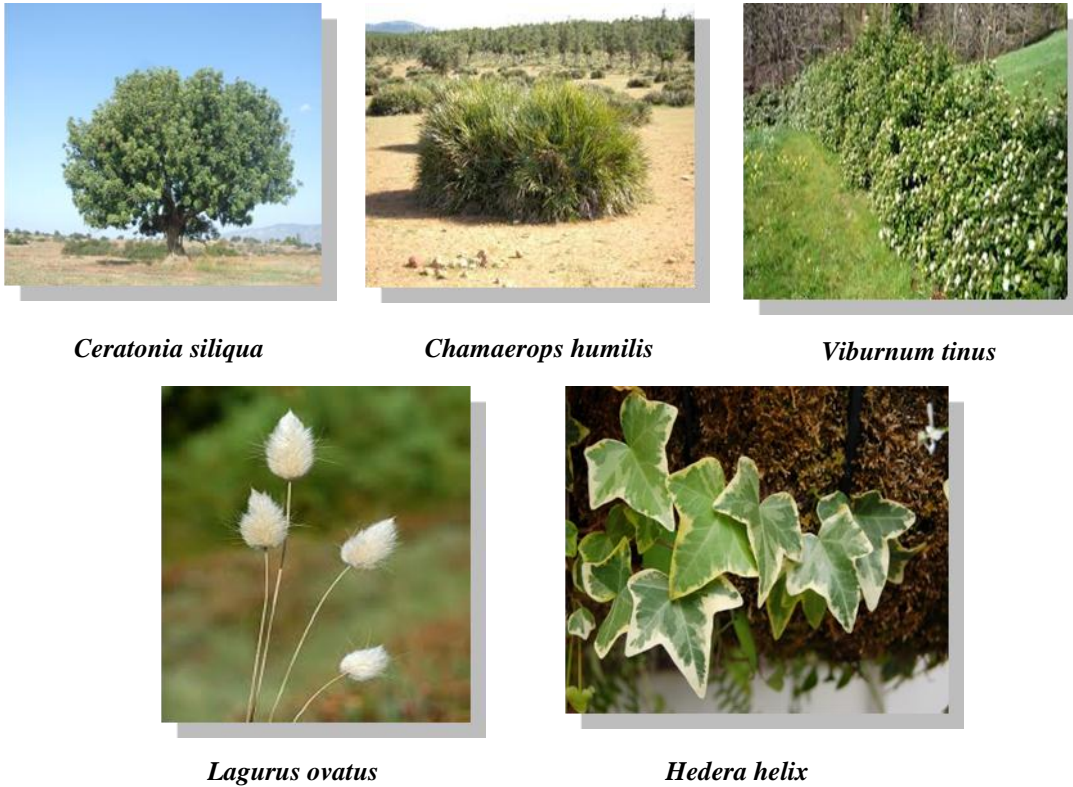


Figure 43 : Plantes associées à *R. turanicus* (IAV Hassan II)

I-3-3-2. Coïncidence temporelle

L'activité de *R. turanicus* s'étend sur presque la moitié de l'année est coïncide sur une large phase avec ses plantes de prédilection (Figure 44).

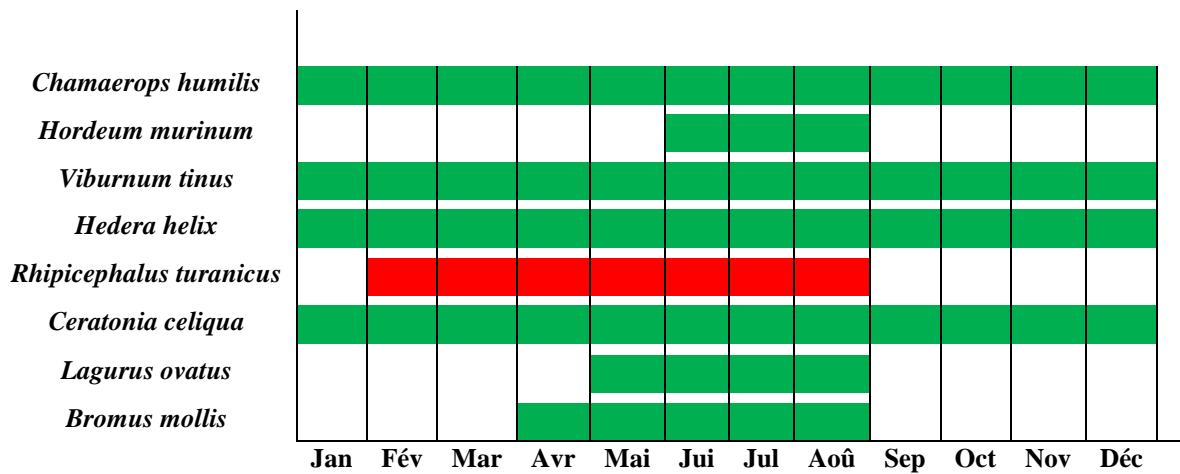


Figure 44 : Coïncidence temporelle de *R. turanicus* et des plantes associées

#### I-3-3-4. Relations entre *H. marginatum* et plantes associées

##### I-3-3-4-1. Période d'activité de *H. marginatum*

Cette espèce a été rencontrée au niveau de toutes les régions de l'étude, à la fois sur les animaux et dans les pâtures. Selon nos résultats, les adultes de cette espèce ont été collectés pendant la période entre mai et septembre avec un pic en juillet.

##### I-3-3-4-2. Périodes de croissance des plantes associées

Les espèces végétales en relation avec cette espèce sont : *Quercus suber* (Chêne liège), *Hedera helix* (Lierre), *Viburnum tinus* (Laurier-tin), *Pistacia atlantica* (Pistachier de l'Atlas), *lavandula latifolia* (Lavande Aspic), *lagurus ovatus* et *Bromus mollis*.

Les périodes de croissance de ces plante sont comme suit:

- ***Lavandula latifolia*** : arbrisseaux dicotylédones de la famille des Lamiacées. Elles poussent surtout sur les sols calcaires secs et ensoleillés. De taille de 1,5 m, il apparaît au début de mars avec une floraison tardive entre juin et août ;
- ***Quercus suber*** : grand arbre formant les forêts de chêne liège sur large frange de la région du Gharb et d'autres parties du Maroc ;
- ***Hedera helix*** : plante grimpante vivace de 20 m à feuillage persistant en automne-printemps avec une floraison en été;
- ***Viburnum tinus*** : plante vivace, rustique à feuillage persistant vert sombre de 5 à 10 cm de long avec une période de floraison estivale ;
- ***Pistacia atlantica*** : grand arbre avec large verrière à feuilles caduques de 25 à 30 m de taille et à croissance lente. Séjour de feuillage dans l'automne ;
- ***Bromus mollis*** : plante annuelle de 10 à 80 cm à tiges dressées, finement pubescentes au sommet, apparaît de mars à août avec une floraison d'avril à juillet ;
- ***Lagurus ovatus*** : plante herbacée annuelle de taille de 10 à 30 cm, apparaît de mars à juillet.



Figure 45 : Plantes associées à *H. marginatum* (IAV Hassan II)

I-3-3-4-3. Coïncidence temporelle

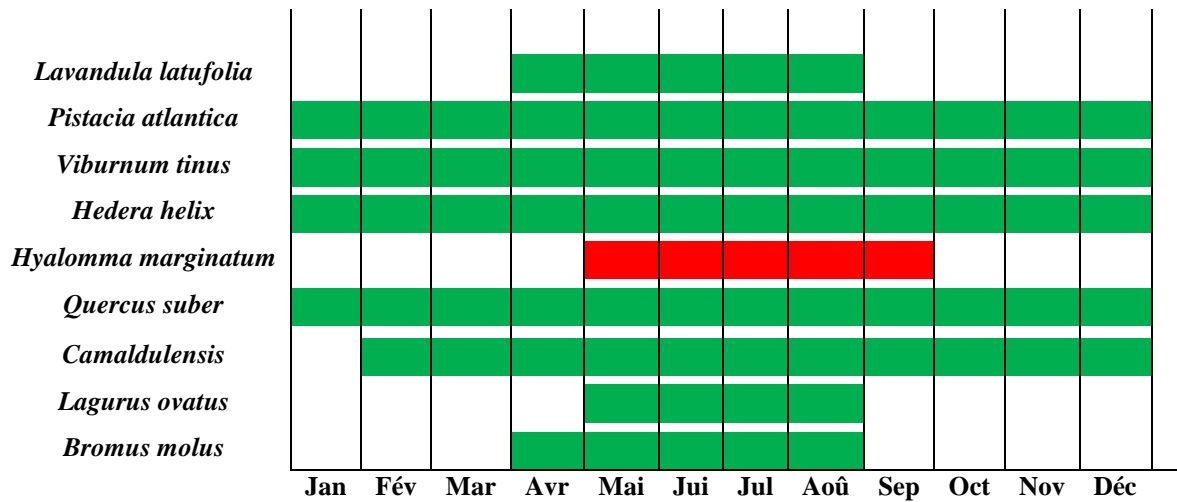


Figure 46 : Coïncidence temporelle de *H. marginatum* et des plantes associées

### I-3-3-5. Relations entre *H. excavatum* et plantes associées

#### I-3-3-5-1. Période d'activité de *H. excavatum*

Cette espèce a été rencontrée au niveau de toutes les régions de l'étude, à la fois sur les animaux et dans les pâtures. Les adultes de cette espèce ont été collectés pendant toute l'année sauf pendant les mois de décembre et janvier avec un pic pendant le mois de mai.

#### I-3-3-5-2. Périodes de croissance des plantes associées

Cette espèce et *H. marginatum* sont en relation avec les mêmes plantes ; *Quercus suber* (Chêne liège), *Hedera helix* (Lierre), *Viburnum tinus* (Laurier-tin), *Pistacia atlantica* (Pistachier de l'Atlas), *Lavandula latifolia* (Lavande Aspic) *Camaldulensis*, *Lagurus ovatus* et *Bromus molus* (Figure 45).

#### I-3-3-5-3. Coïncidence temporelle

La période d'activité de *H. excavatum* s'étend sur presque toute l'année coïncidant largement avec les périodes de croissance de ses plantes associées (Figure 47).

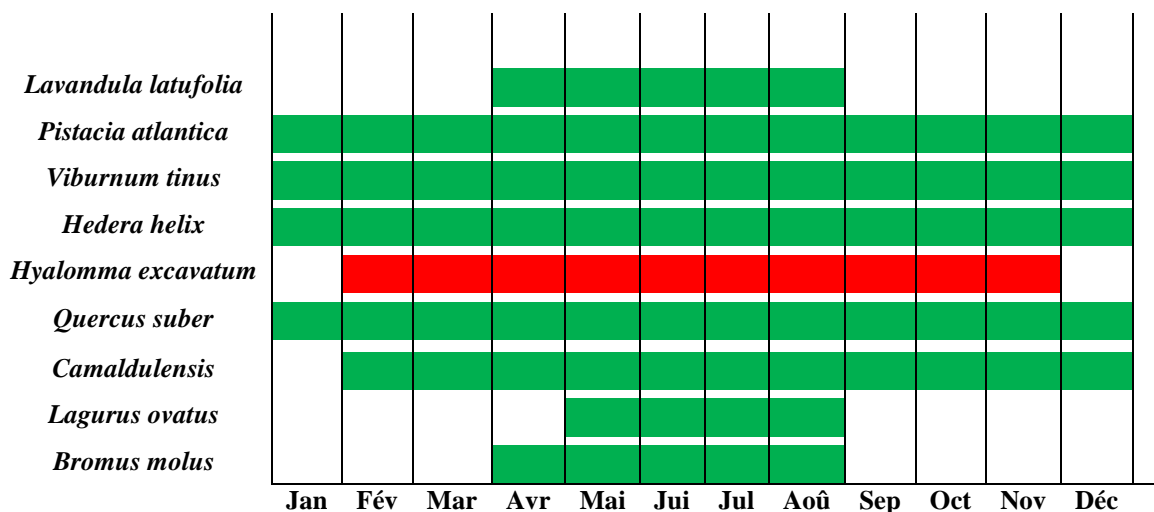


Figure 47 : Coïncidence temporelle de *H. excavatum* et des plantes associées

### I-4. Détection par PCR-RFLP des hémoparasites chez les tiques

L'analyse biologique par la PCR-RFLP a permis de déterminer le rôle vectoriel de trois espèces de tique dans la transmission des hémoparasitoses (Theilériose, babésiose et anaplasmose) chez les ruminants.

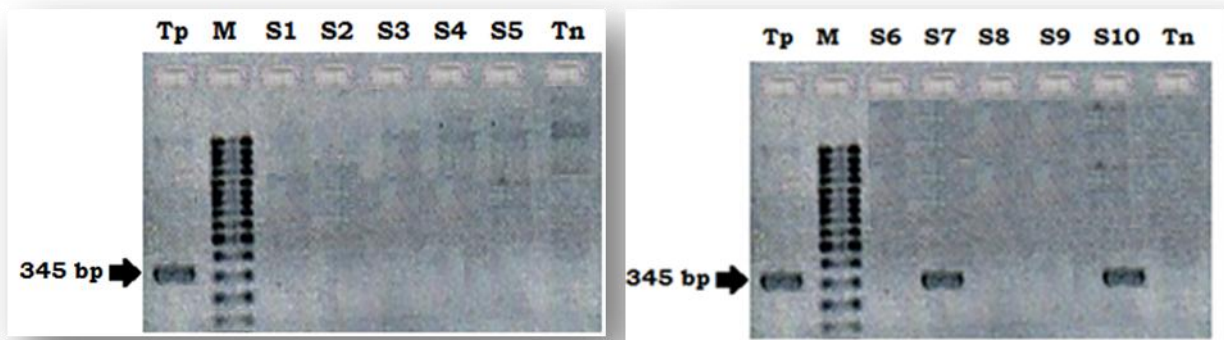
Des préparations constituées à partir de broyats d'une quarantaine d'individus de chaque espèce de tique collectée ont subis des tests PCR afin de prouver l'existence des

hémoparasites dans les tissus de ces tiques et par-delà même prouver leur rôle dans la transmission de ces parasites aux ruminants.

Chaque préparation portait un numéro correspondant à la tique à examiner : **S1** : *H. marginatum* ; **S2** : *H. scupense*; **S3**: *H. excavatum*; **S4**: *H. lusitanicum*; **S5**: *H. dromedarii*; **S6**: *H. impeltatum*; **S7**: *R. bursa*; **S8**: *R. turanicus*; **S9** : *R. sanguineus* ; **S10** : *R. (Boophilus) annulatus*

#### I-4-1. Détection d'*A. marginale*

La PCR réalisée pour la détection d'*A. marginale* a permis d'amplifier l'ADN de ce parasite chez deux espèce de tique ; *R. bursa* (**S7**) et *R. (Boophilus) annulatus* (**S10**) (Figure 48).



**Figure 48: Gels d'agarose mettant en évidence *Anaplasma* chez les tiques des bovins**

**M**: marqueur de poids moléculaire (100 bps); **Tp** : Témoin positif ;  
**Tn** : Témoin négatif ; **S1 à S10** : stabilats des espèces de tiques collectées.

#### I-4-2. Détection de *B. bovis* et *B. bigemina*

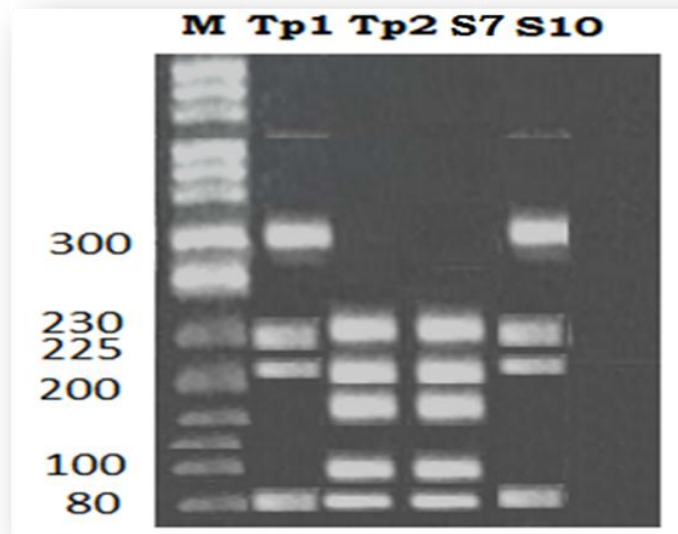
La PCR réalisée pour la détection de *Babesia* a permis d'amplifier l'ADN de ce parasite chez deux espèce de tique ; *R. bursa* (**S7**) et *R. (Boophilus) annulatus* (**S10**) comme il est montré dans la figure 49.



**Figure 49 : Gels d'agarose mettant en évidence *Babesia* sp chez les tiques des bovins**

**M**: marqueur de poids moléculaire **Tp** : témoin positif  
**Tn** : témoin négatif ; **S1 à S10** : préparations des tiques

La RFLP réalisée sur les produit de la PCR des stabilats *R. bursa* (S7) et *R. (Boophilus) annulatus* (S10) pour déterminer l'espèce de *Babesia* (*B. bovis* ou *B. bigemina*) présente chez les deux espèces de tique incriminées. Le résultat a révélé la présence de l'ADN de *B. bigemina* (230 pb) chez *R. bursa* (S7) et chez *R. (Boophilus) annulatus* (S10) et la présence de l'ADN de *B. bovis* (300 pb) chez *R. (Boophilus) annulatus* (S10) comme il est montré dans la figure 50.

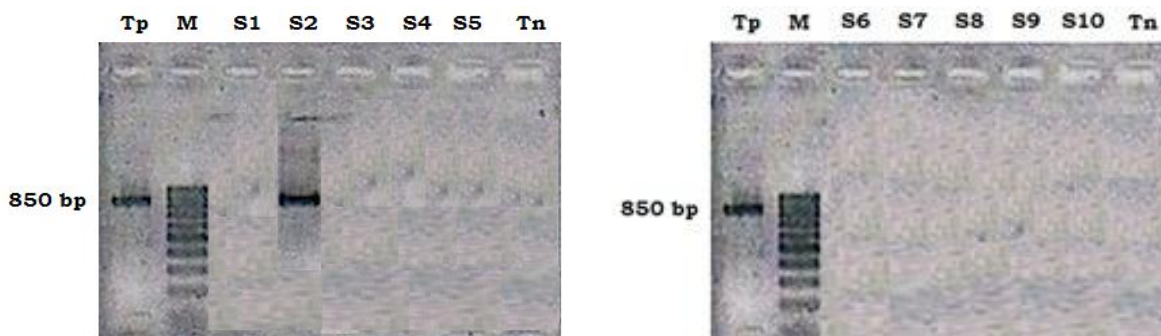


**Figure 50 : Gel d'acrylamide mettant en évidence *B. bovis* et *B. bigemina*.**

M : marqueur de poids moléculaire ; Tp1 : témoin positif à *B. bovis* ; Tp 2 : témoin positif à *B. bigemina* ; Tn1 et Tn2 : témoins négatifs ; S7 : *R. bursa* et S10 *R. (Boophilus) annulatus*

#### I-4-3. Détection de *T. annulata*

La PCR réalisée pour la détection de *T. annulata* a permis de détecter et d'amplifier de l'ADN de ce parasite chez l'espèce *H. scupense* (S2) comme il est montré dans la figure 51.

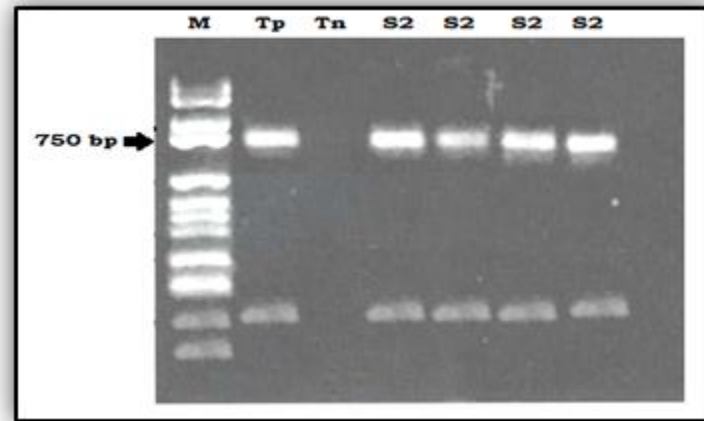


**Figure 51 : Gels d'agarose mettant en évidence *Theileria sp* dans les tiques de bovin**

Tp : témoin positif ; Tn : témoin négatif ;

M : le marquer de poids moléculaire ; S1 à S10 : préparations des tiques

La RFLP réalisée sur le produit de la PCR du stabilat de la tique *H. scupense* (S2) a mis en évidence le parasite *T. annulata* (750) chez cette tique comme il est montré dans la figure 52.



**Figure 52 : Gel d'acrylamide mettant en évidence *T. annulata*.**

M : marqueur de poids moléculaire ; Tp : échantillon positif à *T.annulata* ;  
Tn : témoin négatif. ; S2 : *H. scupense*

## I-5. Taux de contamination des exploitations

### I-5-1. Taux de contamination par les hémoparasitoses

D'après nos résultats, on a constaté que le taux de contamination par les hémoparasites est très élevé au niveau des élevages dans toutes les régions de l'étude. Ainsi, sur 96 exploitations visitées, 90 étaient contaminées soit un taux global de contamination de **93,75%** (Annexe 2 : Tableau 1). On a constaté également que 100% des exploitations de type traditionnel sont infectées par les hémoparasites. C'est au niveau de la région du Haouz où toutes les exploitations visitées (traditionnelles et modernes) étaient contaminées comme il est montré dans la figure 53.

### I-5-2. Taux d'infestation par les tiques

Sur 96 exploitation visitées, 83 étaient infestées par les tiques soit un taux d'infestation global de **86,45%** (Annexe II : Tableau 2). Le taux d'infestation des exploitations était très élevé au niveau de toutes les régions de l'étude. On a constaté également que 100% des exploitations de type traditionnel étaient infestées par les tiques.

C'est au niveau de la région de Marrakech-Tensift-Al Haouz où toutes les exploitations visitées (traditionnelles et modernes) sont infestées par les tiques comme il est montré dans la figure 54.

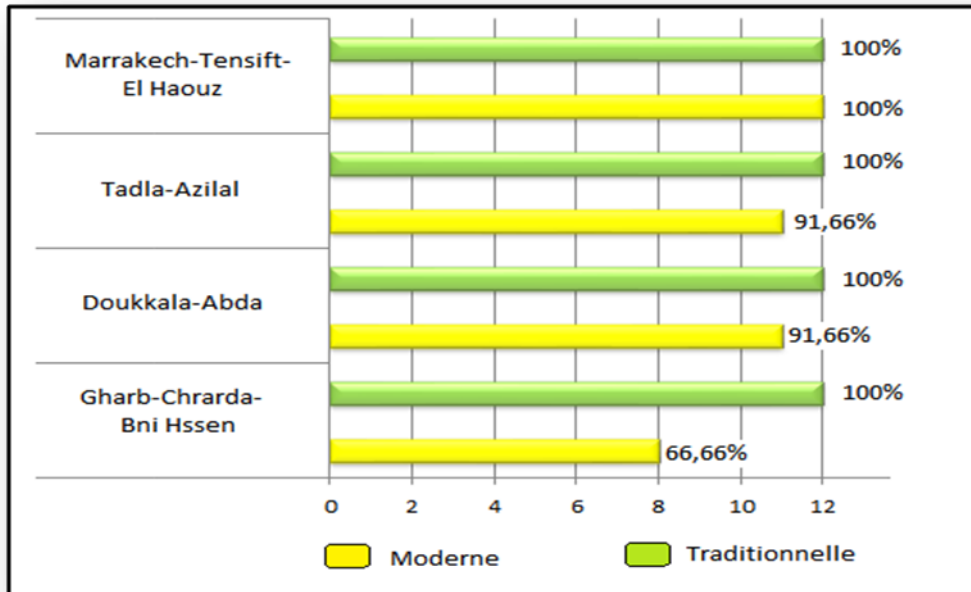


Figure 53 : Taux de contamination des exploitations selon le type et la région

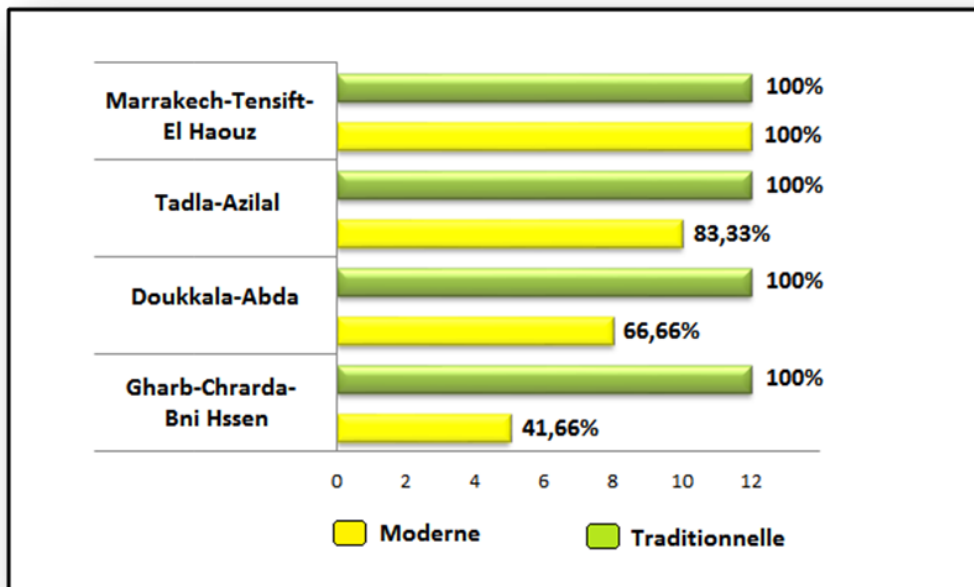


Figure 54 : Taux d'infestation des exploitations selon le type et la région

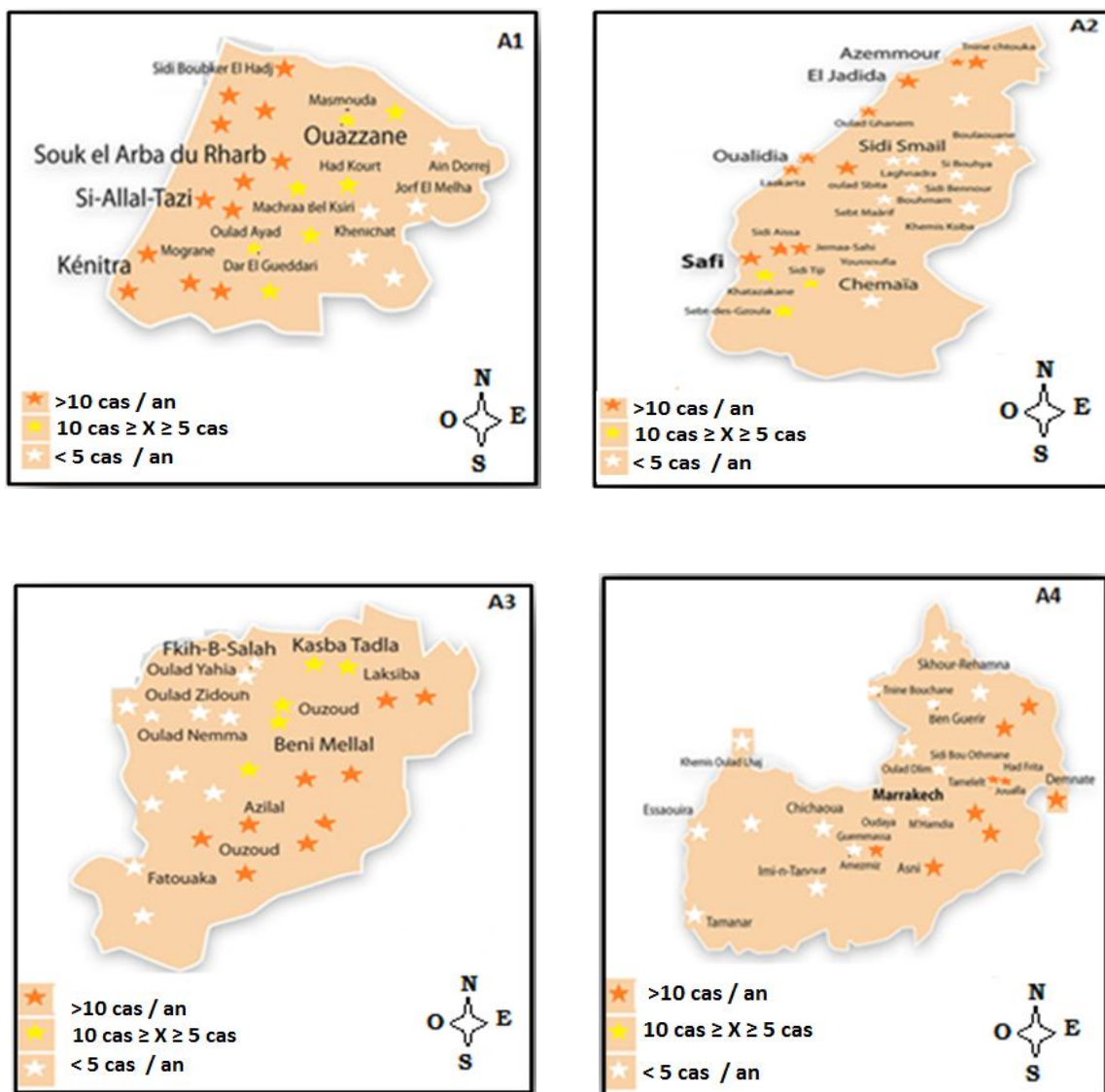
### I-6. Répartition géographique des hémoparasitoses bovines

Après analyse des fiches techniques adressés aux vétérinaires praticiens exerçant aux alentours des sites de l'étude au sujet du nombre de cas d'hémoparasitoses (theilériose, babésiose et anaplasmosse) traités au cours des trois dernières années, il s'est avéré que ces pathologies ont une répartition différente selon les régions.

Grace aux réponses de ces praticiens nous avons pu établir des cartes de répartition approximatives de l'importance de chaque hémoparasitose au niveau des quatre régions concernées par l'étude.

### I-6-1. Babésiose

On constate que le nombre de cas de babésiose bovine est plus important dans les zones où le climat est moins aride ; à la bordure de l'Atlantique pour les régions du Gharb et Doukkala et près des montagnes de l'Atlas pour les régions de Tadla et El Haouz. L'importance est indiquée par des étoiles orange dans la figure 55.

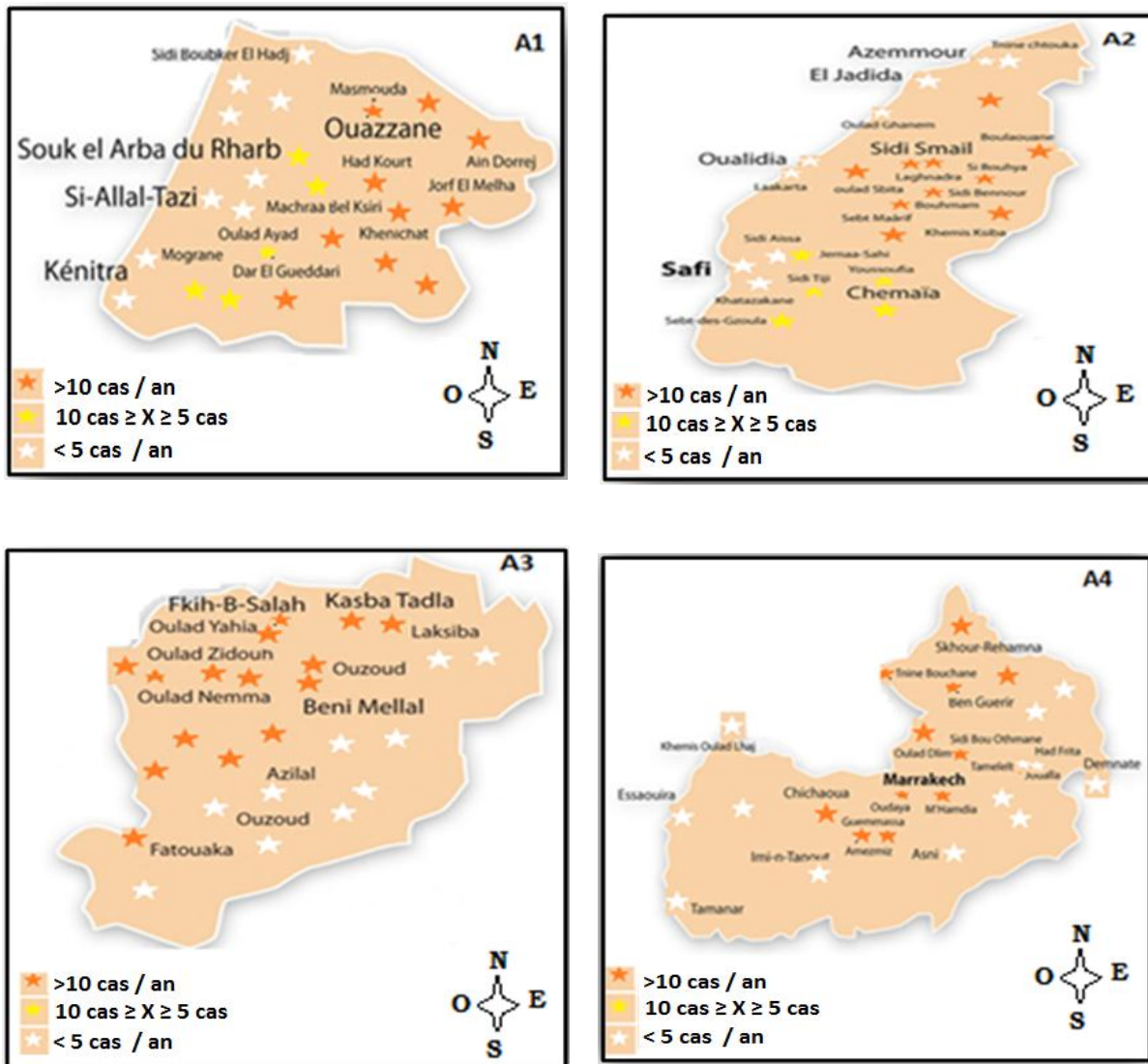


**Figure 55: Distribution géographique de la babésiose bovine**

A1 : Gharb-Chrarda-Bni hssen ; A2 : Doukkala -Abda ;  
A3 : Tadla-Azilal ; A4 : Marrakech-Tensift-El Haouz

**I-6-2. Theilériose**

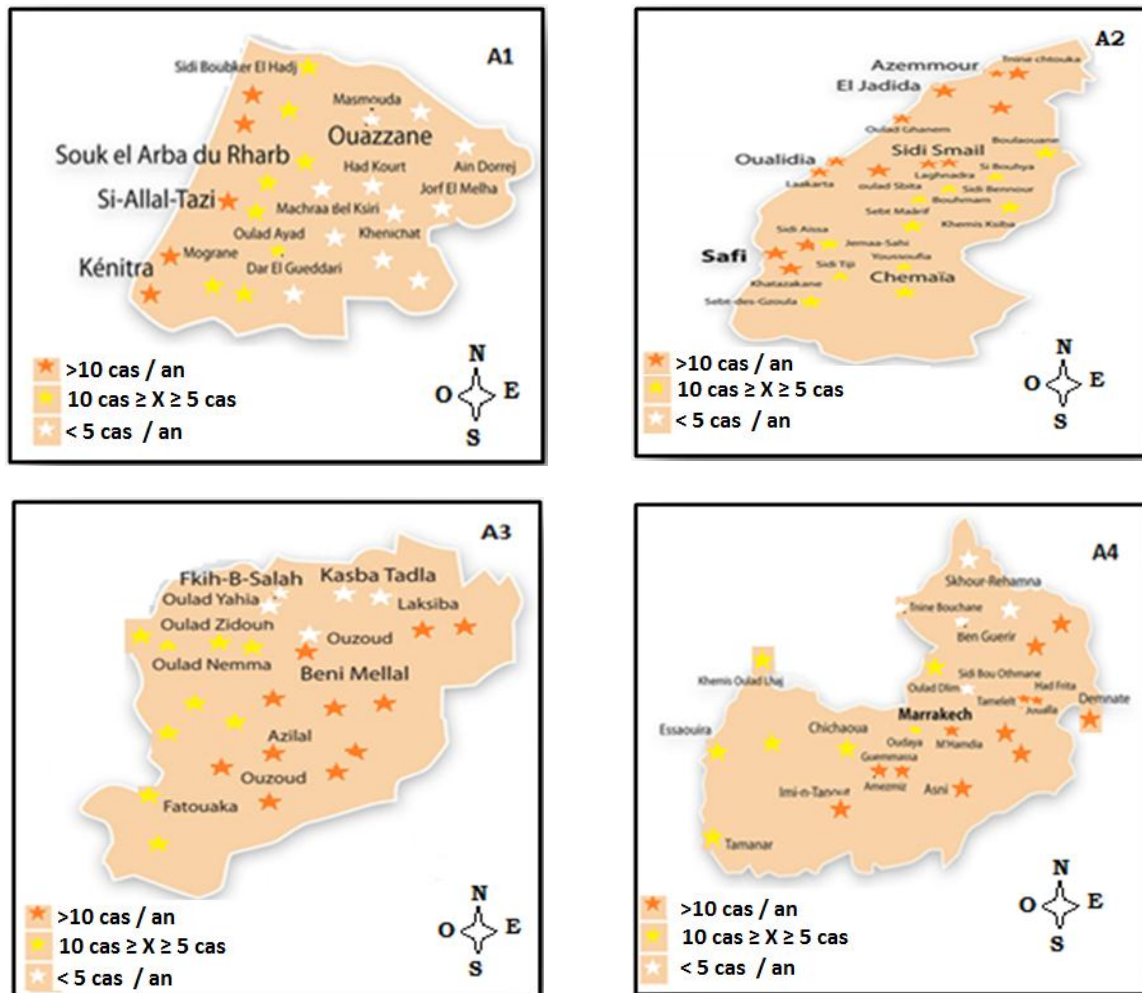
On a constaté que le nombre de cas de theilériose bovine est plus important dans les zones où le climat est plus aride ; loin de l'influence du climat humide de l'Atlantique (Est des régions de Doukkala et du Gharb) et des bords des montagnes (Ouest des régions de Tadla et El haouz) (Figure 56).



**Figure 56 : Distribution géographique de la theilériose bovine**  
 A1 : Gharb-Chrarda-Bni hssen ; A2 : Doukkala -Abda ;  
 A3 : Tadla-Azilal ; A4 : Marrakech-Tensift-El Haouz

### I-6-3. Anaplasmosse

On a constaté que l'importance de l'anaplasmosse coïncide avec celle de la babésiose, à la bordure de l'Atlantique pour les régions du Gharb et Doukkala et près des montagnes de l'atlas pour les régions de Tadla et El Haouz (Figure 57).



**Figure 57: Distribution géographique de l'anaplasmosse bovine**

A1 : Gharb-Chrarda-Bni hssen ; A2 : Doukkala -Abda ;  
A3 : Tadla-Azilal ; A4 : Marrakech-Tensift-El Haouz

### I-7. Analyse statistique des facteurs de risque

#### I-7-1. Facteurs de risque de contamination des bovins par les hémoparasites

L'analyse statistique a montré que les facteurs âge ( $\phi c=0,62$ ) et type d'élevage ( $\phi c=0,60$ ) avaient une influence significative sur l'infection des bovins par les hémoparasites, tandis que les facteurs origine ( $\phi c =0,46$ ) et sexe ( $\phi c =0,29$ ) avaient une influence moindre.

Le facteur climat ( $\phi_c = 0,06$ ) ne semblait pas avoir d'influence sur l'infection des bovins par les hémoparasites (Tableau 6).

**Tableau 6 : Facteurs de risque de contamination des bovins par les hémoparasites**

Facteurs de risque		Degré d'infection par les hémoparasites	$X^2$	$\phi_c$
Age	<1an (n=508)	48 (14,76)	<b>665,70</b>	<b>0,62</b>
	>1an (n=532)	476 (89,47)		
Sexe	Male (n=515)	268(67)	<b>92,15</b>	<b>0,29</b>
	Femelle (n=525)	421(65,78)		
Origine	Local (n=518)	132(41,64)	<b>276,34</b>	<b>0,46</b>
	Hybride (n=522)	402(77,01)		
Climat	Sub-humide/Semi-arid (n=260)	185(71,15)	<b>3,73</b>	<b>0,06</b>
	Semi-arid/Arid (n=780)	504(64,61)		
Type d'élevage	Traditionnel (n=520)	478(91,92)	<b>581,20</b>	<b>0,60</b>
	Moderne (n=520)	91(23,33)		

### I-7-2. Facteurs de risque d'infestation des bovins par les tiques

L'analyse statistique a montré que les facteurs ; âge et type d'élevage avaient une influence significative sur l'infestation des bovins par les tiques, tandis que les facteurs ; origine, climat et sexe ont une influence moindre comme il est montré dans le tableau 7 :

**Tableau 7 : Facteurs de risque d'infestation des ruminants par les tiques**

Facteurs de risque		Degré d'infestation par les tiques	$X^2$	$\phi_c$
Age	<1an (n=508)	81 (15,94%)	<b>362,46</b>	<b>0,51</b>
	>1an (n=532)	398(74,81%)		
Sexe	Mâle (n=515)	204(39,61%)	<b>41,63</b>	<b>0,20</b>
	Femelle (n=525)	313(59,61%)		
Origine	Local (n=518)	142(27,41%)	<b>246,38</b>	<b>0,44</b>
	Hybride (n=522)	397(76,05%)		
Climat	Sub-humide/Semi-aride (n=260)	169(65%)	<b>71,82</b>	<b>0,25</b>
	Semi-aride/Aride (n=780)	273(35%)		
Type d'élevage	Traditionnel (n=520)	441 (84,80%)	<b>565,11</b>	<b>0,59</b>
	Moderne (n=520)	58(11,15%)		

## II. DISCUSSION

Cette étude a montré que les maladies transmises par les tiques aux ruminants sont importantes et largement distribuées au niveau des zones d'élevage au Maroc. Elle a montré également que les tiques, les principaux vecteurs de ces maladies, étaient présentes en nombre et en genre et largement distribuées au niveau de ces régions. La situation épidémiologique de ces maladies reste mal cernée et ce, malgré les nombreuses études qui ont été réalisées tout au long de ces dernières décennies à ce sujet (Ouhelli et Pandey, 1980 ; Ouhelli, 1985 ; Ouhelli et al, 1989, 1997 ; Belkasmi, 1980; Sahibi et al, 1997, 1998a, 1998b; Bouslikhane et al , 1998, Bouslikhane, 1998; El Haj et al, 2001, 2003; Kachani et al, 1996, 2004; El Kamch, 2005 ; Rhalem et Sahibi, 2007; Ait Hammou et al., 2011, 2012).

Les analyses sérologiques effectuées sur les sérums de 2420 ruminants (1040 bovins, 860 ovins et 520 caprins) ont confirmé la présence de cinq hémoparasites pathogènes, quatre chez les bovins (*T. annulata*, *B. bovis*, *B. bigemina* et *A. marginale*) et un seul chez les ovins et les caprins (*A. ovis*), tous les cinq, responsables de maladies graves dévastatrices pour le secteur de l'élevage. La collecte des tiques a permis d'identifier 10 espèces d'ixodidés au niveau des quatre régions de l'étude, dont trois ont été confirmées, grâce aux analyses biologiques, comme des vecteurs des cinq parasites pathogènes diagnostiqués chez les ruminants. Ce nombre important d'hémoparasites et de vecteurs, due naturellement à la diversité géographique, climatique et éco-biologique dont jouit le Maroc, rend difficile toute tentative de cerner tous les aspects épidémiologiques des pathologies qui en résultent. Des pays plus développés que le Maroc trouvent du mal à gérer ce problème des hémoparasitoses, malgré les moyens sophistiqués dont ils disposent et malgré le fait qu'il n'existe que peu d'espèces de pathogènes et de tique chez eux, comme c'est le cas en France par exemple, où il n'existe qu'un seul hémoparasite pathogène chez les bovins, *B. divergens*, et une seule espèce de tique, *Ixodes ricinus*, qui lui sert de vecteur (L'Hostis, 1989), ou en Espagne où la tique *H. lusitanicum* et le seul vecteur de *T. annulata* chez les bovins (Estrada-Peña, 2004).

D'après nos résultats, on a constaté que le taux de contamination des élevages par les hémoparasites était très élevé au niveau de toutes les régions de l'étude. Ainsi, 93,75 % des exploitations visitées étaient contaminées par les hémoparasites. On a également constaté que 100 % des exploitations de type traditionnel étaient touchées. Au niveau de la région du Haouz, toutes les exploitations visitées (traditionnelles et modernes) étaient contaminées par les hémoparasitoses. Une seule explication à nos yeux à ces taux de contamination élevés,

c'est la présence des conditions favorables (climat, vecteurs, hôtes) pour la prolifération et le maintien de ces maladies.

Sur les 1040 sérums bovins analysés, 689 (66,25 %) se sont révélés positifs aux hémoparasitoses recherchées. Ce résultat est proche de celui d'EL Haj (2003) qui, lors de son étude de la séroprévalence de la theilériose et la babésiose chez les bovins avait rapporté une séroprévalence de 68 %.

La région du Gharb-Chrarda-Bni Hssen était la plus touchée par ces maladies avec une séroprévalence de 75,38 % (196/260). Cette région, en plus de la grande concentration de bovins dont elle dispose, jouit d'un climat humide et d'un couvert végétal favorable à la survie et la prolifération des tiques et des rongeurs et autres petits mammifères qui leurs servent d'animaux hôtes pour les stades immatures.

La région de Doukkala-Abda était la deuxième région la plus touchée par les hémoparasitoses, avec une séroprévalence de 68,46 % (178/260), suivie par la région du Haouz avec une séroprévalence de 61,92 % (161/260), puis par la région de Tadla-Azilal avec une séroprévalence de 59,23 % (154/260). On a constaté que la séroprévalence des hémoparasitoses des bovins était assez élevée au niveau de ces trois régions qui, à l'inverse de la région du Gharb-Chrarda-Bni Hsen, qui est une région humide, sont des régions à climat aride ou semi-aride, moins favorable à la survie et la prolifération des tiques et par conséquent à la contamination des bovins par les hémoparasitoses. La seule explication plausible à notre avis à cet état de fait, c'est la présence de microclimats humides créés tout au long des réseaux d'irrigation et des retenues de barrage dont bénéficient ces trois régions depuis deux ou trois décennies ; ajouter à cela un couvert végétal abondant assurant le gîte pour les tiques et pour les rongeurs et autres petits mammifères.

D'après nos résultats, la theilériose bovine à *T. annulata* était la maladie la plus prévalente avec une séroprévalence globale de 35,57 %, c'est l'une des pathologies bovines les plus sévères pouvant occasionner des pertes économiques très importantes au Maroc (Flash et Ouhelli, 1992) et dans le monde (Purnell, 1978). Les prévalences élevées de cette maladie rencontrées aux niveaux des quatre régions (entre 26,15 % et 51,92 %) sont dues en grande partie à l'abondance de son vecteur naturel à savoir *H. scupense*, qui s'est révélée, selon nos résultats, être la tique la plus abondante avec une importance relative de 26,72 % de l'ensemble des tiques collectées.

La babésiose bovine, à *B. bovis* et à *B. bigemina*, vient en deuxième position avec une séroprévalence globale cumulée de 25,57 % (266/1040). Ces deux pathologies constituent un

sérieux obstacle pour l'élevage bovin dans les zones tropicales et subtropicales (Jongejan & Uilenberg, 2004). Une étude en Tanzanie avait montré que 96 % des bovins dans ce pays étaient positifs à *B. bovis* et 88 % à *B. bigemina* (Woodford et al., 1990). La babésiose bovine et ses vecteurs ont été rapportés dans plusieurs régions du Maroc (Ouhelli et al., 1982, Sahibi et al., 1998a, El Haj et al., 2003, Ait Hammou et al., 2012). Toutefois, les données épidémiologiques sur l'infection par *Babesia* restent insuffisantes et varient d'une étude à l'autre. Sahibi et al. (1998a) avait estimé la prévalence de *B. bovis* à 22 % au Gharb et 10 % au Haouz, ce qui est proche de nos résultats pour ce protozoaire au niveau de ces deux régions qui étaient respectivement 21,92 % et 10,38 %. Par contre, ils sont très différents pour *B. bigemina* puisque Sahibi (1998a) avait rapporté des prévalences de 10,8 % au Gharb et 0 % au Haouz, alors que nos résultats ont donné des prévalences respectives de 15 % et 15,38 %. La région du Haouz était donc indemne de *B. bigemina* en 1998. Ceci pourrait être expliqué en partie par le fait que le vecteur naturel de ce protozoaire, à savoir *Rh. (Boophilus) annulatus*, tique hygrophile, naturellement habituée au climat humide, s'est installée récemment dans cette zone aride probablement au niveau des microclimats humides, créés autour des réseaux d'irrigation. Les résultats de nos collectes le prouvent, puisque cette tique représente 7,43 % de l'ensemble des tiques collectées dans cette région aride.

La séroprévalence globale de l'anaplasmosse bovine à *A. marginale* a été estimée à 20,48 % (213/1040), avec des variations selon la région entre 15,38 % et 26,92 %. Les seules études sérologiques qui ont été réalisées pour estimer l'importance de cette maladie au Maroc sont celles de Verhulst (1983) et Sahibi (1998a), qui avaient rapporté des séroprévalences respectivement de 9 % et 22,2 % dans différentes régions de notre pays. D'autres études dans des pays voisins rapportent des séroprévalences moins importantes comme en Algérie 7,4 % (Ziam et Benaouf, 2004), en Egypte 3,5 % (Younis et al., 2009) et au Soudan 6,1 % (Awad et al., 2011). Les analyses biologiques que nous avons effectuées sur les tiques ont révélé le rôle vecteur de deux espèces de tiques, *R. (Boophilus) annulatus* et *R. bursa* dans la transmission de *A. marginale* aux bovins, et d'après notre enquête, ces deux espèces sont largement distribuées au niveau des quatre régions étudiées.

Sur les 1040 sérums analysés, 155 (14,90 %) présentaient des infections mixtes soit par deux, ou trois hémoparasites à la fois (*B. bovis*+ *B. bigemina* ; *B. bovis* + *A. marginale* ; *B. bovis* + *T. annulata* ; *T. annulata* +*A. marginale* ; *B. bovis* + *B. bigemina*+*A. marginale*). Les infections mixtes ont été rencontrées au niveau des quatre régions de l'étude. L'infection mixte (*T. annulata* + *A. marginale*) est la plus rencontrée et ce au niveau des quatre régions

de l'étude. Et c'est au niveau de la région du Gharb où le plus grand nombre de cas d'infections mixtes a été rencontré avec 21,92 % (57/260).

L'explication que nous pouvons donner à ce phénomène c'est qu'il est dû probablement à l'hétérogénéité des élevages. En effet, nous avons constaté au niveau de la majorité des exploitations visitées un mélange et une proximité des animaux domestiques divers ; bovins, ovins, caprins, équins, volailles, lagomorphes en plus des visiteurs sauvages (oiseaux et rongeurs) ce qui offrent une multitude d'hôtes pour différentes espèces de tiques. Ainsi, lors de nos collectes plusieurs espèces de tiques ont été rencontrées au niveau d'une seule exploitation (quatre à cinq espèces par endroit) et sur un même animal (trois à quatre espèces).

Concernant les petits ruminants, nous avons constaté des séroprévalences très élevées et ce, au niveau des quatre régions de l'étude. Ainsi, sur un total de 860 sérums d'ovins analysés, 590 étaient positifs à *A. ovis* soit une séroprévalence globale de 68,60 %, avec des variations entre 60 % et 82 % selon la région. Et sur un total de 520 sérums de caprins, 271 étaient positifs au même parasite soit une séroprévalence globale de 52,53 %, avec des variations entre 40 % et 65 %.

Comme pour les bovins, la région du Gharb et la plus contaminée par l'hémoparasitose des petits ruminants suivie par la région du Doukkala, de la région du Haouz puis la région de Tadla.

L'absence d'études préalables sur les hémoparasitoses des petits ruminants en général et l'anaplasmose en particulier ne nous permet pas d'avoir une idée précise sur l'évolution de cette maladie au cours des dernières années dans notre pays. Néanmoins, la séroprévalence élevée de cette maladie dans toutes les régions de l'étude prouve qu'elle est bien installée et depuis très longtemps et qu'elle est largement distribuée au niveau de ces régions.

Le manque d'intérêt à mener des investigations sur les hémoparasitoses des petits ruminants viendrait du fait que cette pathologie est asymptomatique chez les petits ruminants, contrairement à ce qu'on rencontre chez les bovins de telle sorte qu'elle passe souvent inaperçue pour les vétérinaires praticiens, et les dégâts qu'elles causent dans les cheptels sont souvent attribués à d'autres pathologies.

L'étude des facteurs de risque favorisant l'infection des bovins par les hémoparasitoses a montré que le facteur âge a une influence significative sur la contamination de ces animaux. En effet, les bovins âgés de moins d'un an sont moins exposés aux infections par les hémoparasites, ce phénomène a déjà été rapporté dans des études précédentes et dont

l'explication évoque le rôle de la protection immunitaire innée qui, s'estompe généralement après un an (Woodford *et al.*, 1990). El Haj (2003), dans son étude de l'influence des caractéristiques individuelles des animaux (âge, origine et sexe) sur la prévalence de l'infection des bovins par *B. bigemina*, avait révélé que la proportion de bovins infectés augmente avec l'âge. En effet, dans les régions d'endémie, des études ont montré que le nombre d'animaux infectés augmente avec le nombre de saisons de maladies vécues par les animaux et donc avec l'âge (Woodford *et al.*, 1990 ; 1995, Kachani *et al.*, 1996).

Le type d'élevage a également une influence significative sur l'infection des bovins par les hémoparasites ( $\phi_c = 0,60$ ). Le nombre de bovins infectés par les hémoparasites est plus important au niveau des élevages traditionnels qu'au niveau des élevages modernes. Ceci pourrait être expliqué par le fait de leur nature extensive, de type de construction des exploitations qui représentent des gîtes favorables au développement des tiques vectrice de ces hémoparasites et du manque de traitement acaricides appropriés et réguliers.

L'origine des bovins semble avoir une influence moyennement significative sur l'infection des bovins par les hémoparasites ( $\phi_c = 0,46$ ). Les bovins importés sont relativement plus exposés que les bovins locaux.

D'autre part, le sexe semble avoir une influence peu significative sur l'infection des bovins par les hémoparasites ( $\phi_c = 0,29$ ). El Haj (2003) avait rapporté que la proportion des séropositifs pour *Babesia bigemina* était plus importante parmi les femelles. Paradoxalement, le climat de la région ne semble pas avoir une influence significative sur l'infection par les hémoparasites ( $\phi_c = 0,06$ ).

Les résultats de la présente étude ont montré que les tiques sont bien implantées dans les zones d'élevage au Maroc comme en témoignent, le nombre important de tiques collectés en une année (8242) et la variété des espèces rencontrées (10 espèces). Le taux d'infestation des élevages par les tiques est très élevé au niveau de toutes les régions de l'étude. Ainsi, 86,45 % des exploitations visitées sont infestées par les tiques. On a constaté également que 100 % des exploitations de type traditionnel sont infestées. C'est au niveau de la région de Marrakech-Tensift-Haouz où toutes les exploitations visitées (traditionnelles et modernes) sont infestées par les tiques. Ces taux élevés pourraient s'expliquer par la présence des conditions favorables pour le développement des tiques au niveau des régions irriguées au Maroc.

Parmi les trois espèces de ruminants étudiées, les bovins sont les plus infestés par les tiques en nombre (5777) et en genre (10 espèces). Les ovins et les caprins sont moins infestés et seulement par quatre espèces.

Toutes les espèces de tique rencontrées sont largement distribuées au niveau des quatre régions de l'étude. La région du Gharb-Chrarda-Bni Hssen est la plus infestée (26,70 %) comme cela a souvent été rapporté auparavant (Ouhelli et Pandey, 1982). Le climat sub-humide de cette région est en partie responsable de cette prolifération. Cependant, on constate que les autres régions de notre étude, dont le climat d'ensemble est plutôt semi-aride à aride, présentent des taux d'infestation importants ; Doukkala-Abda (25,16 %), Marrakech- Tensift-Al Haouz (24,92 %) et Tadla-Azilal (23,19 %) avec la même diversité au niveau des espèces de tiques (huit espèces rencontrées au niveau des quatre régions). L'explication que nous pourrions donner à cet état de fait est que les réseaux d'irrigation installés ces dernières années au niveau de ces régions et les microclimats qu'ils ont créé, favorisent le développement des tiques. Cette hypothèse se trouve renforcée par le fait que l'espèce *R. (Boophilus) annulatus*, espèce hygrophile, a été rencontrée en nombre comme jamais auparavant dans ces régions ; ce phénomène a déjà été rapporté par d'autres auteurs (George & Chastel, 2002).

Parmi les 10 espèces de tiques rencontrées, huit ont été rencontrées au niveau des quatre régions concernées par l'étude, ce qui indique que, malgré l'éloignement et la différence géographique et climatique, ces espèces ont pu peupler ces régions et se sont adaptées à leurs climats.

Le genre *Hyalomma* était le plus représenté suivi du genre *R. (Boophilus)* et du genre *Rhipicephalus*. Les espèces les plus dominantes étaient *H. scupense*, *H. marginatum* et *R. (Boophilus) annulatus*. Ces trois espèces ont été trouvées à la tête des espèces rencontrées lors d'autres études sur les tiques au Maroc (Ouhelli et Pandey, 1982, Ouhelli, 1988). Par ailleurs, en Tunisie, sur 5083 de tiques adultes étudiées par Bouattour et al (1996), *H. scupense* représentait 84.3 %. Selon nos résultats, *H. scupense* était la plus abondante au niveau de trois régions ; Tadla-Azilal, Doukkala-Abda et Marrakech-Tensift- Al Haouz, régions où domine un climat aride à semi-aride et où le type d'exploitation, en majorité en briques d'argiles et de foin (Pise), offre les conditions idéales pour cette tique endophile, tandis qu'au Gharb-Chrarda-Bni Hssen, où le climat est à dominance sub-humide, c'est l'espèce *R. (Boophilus) annulatus* qui était la plus abondante.

Les espèces *H. dromedarii* et *H. impeltatum* étaient les moins représentées, cependant, leur présence sur les bovins au niveau de deux régions de notre étude (Marrakech-Tensift-Al Haouz et Tadla-Azilal) était en elle-même intrigante, dans la mesure où ce sont des tiques liées naturellement au dromadaire et au climat saharien, loin des zones de la présente étude.

Cela pourrait s'expliquer par la présence occasionnelle de dromadaires dans ces régions à des fins touristiques, et qu'en absence de leurs hôtes naturels, ces tiques infestent les bovins et s'adaptent au climat de ces régions, qui malgré qu'elles soient irriguées, se caractérisent par une période estivale sèche et très chaude.

Par ailleurs, parmi les trois espèces les plus dominantes, deux sont connues pour être les vecteurs naturels de protozoaires responsables des hémoparasitoses (piroplasmoses) les plus importantes sur le plan médical et économique chez les bovins au Maroc et dans le monde. En effet, la tique *H. scupense* et le principal vecteur du protozoaire *T. annulata*, agent responsable de la theilériose tropicale bovine en Afrique du nord (Sergent, 1945 ; Ouhelli et al., 1989, Bouattour et al., 1996) . La tique *Rh (Boophilus) annulatus* est le principal vecteur des protozoaires *B. bovis* et *B. bigemina* et *A. marginale*, agents causatifs de la babésiose bovine et de l'anaplasmose bovine (Purnell et al, 1978 ; Euzeby, 1988 ; Camus et Barre, 1995). Selon Ouhelli et Pandey (1982), cette tique représentait 30 % de la population de tique au Maroc et était limitée aux zones subhumides et humides.

Les tiques du genre *Rhipicephalus* sont moyennement abondantes et bien distribuées au niveau des quatre régions de l'étude. Cependant, on constate que leur abondance a progressé considérablement depuis l'étude de Ouhelli et Pandey (1982) réalisée au niveau de quatre régions climatique différentes du Maroc, où ces espèces ne représentaient, toutes les trois réunies, que 3,9 % de l'ensemble des tiques collectées en une année. Selon cette même étude, la tique *R. bursa* ne représentait que 0,8 % alors que dans la présente étude, elle représente 6,76 %. Ceci montre que cette espèce a beaucoup proliféré au cours des vingt dernières années. L'intérêt réservé pour cette espèce découle de son rôle dans la transmission de *B. bigemina* et *A. marginale* aux bovins et *A. ovis* aux ovins et caprins (Sergent et al., 1945 ; Bourdeau, 1993).

Des infestations simultanées, par deux, trois ou quatre espèces de tiques, ont été constatées au niveau des quatre régions. Ce phénomène peut être expliqué par la présence d'une variété d'animaux domestiques observée au niveau de la majorité des exploitations visitées, offrant une multitude d'hôtes pour différentes espèces de tiques.

Concernant les préférences des tiques en matière de couvert végétal, on a constaté que malgré la préférence de certaines espèces pour un couvert végétal déterminé, il apparaît que, globalement, les espèces de tiques du Maroc, du moins dans les quatre régions étudiées ont tendance à élargir de plus en plus leur aire de distribution, en s'adaptant aux changements des écosystèmes. En effet, huit des dix espèces rencontrées se retrouvent à tous les étages

bioclimatiques des régions concernées. De plus, l'affinité partagée par quelques espèces collectées sur les pâtures (*Rhipicephalus sp*, *Hyalomma sp*) pour le même type de végétation, rend difficile l'établissement de liens précis entre ces tiques et les plantes associées.

Par ailleurs, cette étude a montré que chaque espèce de tique avait sa propre période d'activité. Certaines avaient une activité limitée à une seule saison (*H. dromedarii* et *H. impeltatum*), d'autres avaient une activité bi-saisonales (*H. scupense*, *H. marginatum*, *H. lusitanicum*, *R. bursa*, *R. sanguineus*, *R. turanicus*, *R. annulatus*) et d'autres avaient une activité tout au long de l'année (*H. excavatum*).

Les adultes des espèces du genre *Hyalomma* présentaient une activité entre le début du printemps jusqu'à la fin de l'été (mars – septembre), sauf pour l'espèce *H. excavatum*, dont les adultes étaient rencontrés tout au long de l'année. Les adultes de *H. scupense* étaient actifs entre mars et septembre avec un pic en mai, et disparaissaient en fin de septembre. Les adultes de *H. marginatum* sont actifs entre avril et septembre avec des pics en juin et juillet et disparaissent en fin de septembre. Les adultes de *H. excavatum* étaient actifs toute l'année avec des pics en mars, mai et août. Les adultes de *H. lusitanicum* étaient actifs entre avril et septembre avec deux pics, en mai et en août, et disparaissent en fin de septembre. Les adultes de *H. dromedarii* et *H. impeltatum* sont actifs entre juin et août avec des pics en juillet.

Les adultes des espèces du genre *Rhipicephalus* étaient actifs en début du printemps jusqu'à la fin de l'été. Une étude réalisée en Algérie avait montré que les adultes du genre *Rhipicephalus* étaient actifs uniquement au printemps (Benchikh-Elfegoun et al., 2007). L'adoucissement du climat en été dans les zones irriguées au Maroc pourrait expliquer cette activité bi-saisonale de ces espèces. D'après nos résultats, les adultes de l'espèce *R. bursa* sont actifs depuis le début du printemps (mars) jusqu'à la fin de l'été (fin août), avec un pic d'activité en juin. Les adultes de l'espèce *R. turanicus* étaient actifs depuis le début du printemps (mars) jusqu'à la fin de l'été (fin août), avec un pic d'activité en fin de printemps (mai).

Les adultes de l'espèce *R. (Boophilus) annulatus* présentaient deux périodes d'activité, en automne (septembre-décembre) avec un pic en octobre. Ils disparaissent en janvier pour apparaître en fin de février jusqu'au avril et disparaissent en été. En Algérie, les adultes de cette espèce ont une activité exclusivement estivale (Benchikh-Elfegoun et al., 2007). En revanche, cette espèce se caractérise par une activité continue avec un pic automnal en Tunisie, du probablement à des conditions climatiques plus favorables (Bouattour et al, 2001 ; 2002).

L'étude des facteurs de risque d'infestation par les tiques a montré que le facteur âge a une influence significative sur l'infestation des bovins par les tiques. En effet, les bovins âgés de moins d'un an sont moins exposés aux infections par les tiques, ce phénomène a déjà été rapporté dans des études précédentes et dont l'explication évoque le rôle de la protection immunitaire innée qui, s'estompe généralement après un an (Woodford *et al.*, 1990) .

Le type d'élevage a également une influence significative sur l'infestation des bovins par les tiques. Le nombre de bovins infestés par les tiques est plus important au niveau des élevages traditionnels qu'au niveau des élevages modernes. Ceci pourrait être expliqué par le fait de leur nature extensive et leur nature de construction (Pise) qui représentent des gîtes favorables au développement des tiques et du manque de traitement acaricides appropriés et réguliers.

L'origine des bovins avait une influence moyennement significative sur l'infestation des bovins par les tiques. Les bovins importés sont relativement plus exposés que les bovins locaux. Par ailleurs, selon nos résultats, le sexe avait une influence peu significative sur l'infestation des bovins par les tiques.

Le climat de la région avait peu d'influence sur l'infestation des bovins par les tiques, ceci pourrait être expliqué par le fait de l'existence de microclimat dans toutes les zones irriguées autour des réseaux d'irrigation.

Cette étude a montré que toutes les zones étudiées étaient massivement touchées par les hémoparasitoses des ruminants et leur distribution est étroitement liée à celle de leurs vecteurs. Les babésioses sévissaient dans les zones humides et autour des cours d'eau selon un gradient Ouest- Est, la theilériose sévissait dans les zones arides et semi arides quant à l'anaplasmose, cette étude a montré que son aire de répartition dépassait largement celle de son vecteur présumé, ce qui laisse à supposer qu'il y a d'autres vecteurs potentiels pour cette maladie.

Ces résultats contribueront à avoir une idée sur la répartition et la dynamique des tiques infestant les bovins au Maroc, en particulier dans les zones irriguées afin de mieux cibler la lutte contre ces parasites. Cependant, d'autres études sont nécessaires chez les autres animaux domestiques (ovins, caprins, camelin, équins, canidés) afin d'établir une stratégie de lutte intégrée pour limiter les dégâts au niveau des élevages.

Les données résultantes de cette étude sur les espèces de tiques vectrices et leur localisation serviront aux vétérinaires praticiens de mieux orienter le diagnostic des hémoparasitoses. Les données sur les facteurs favorisant le développement des tiques

serviront à diminuer le risque d'infestation des élevages par les tiques et par conséquent diminuer le risque de leur infection par les hémoparasites.

*Conclusion  
et  
Recommandations*

## CHAPITRE III : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

### I- CONCLUSION

Cette étude a montré que toutes les zones étudiées étaient massivement touchées par les hémoparasitoses des ruminants et que leur distribution est étroitement liée à celle de leurs vecteurs. La situation épidémiologique de ses maladies est très complexe en vue des résultats dégagés et qu'on peut synthétiser comme suit :

- les séroprévalences des maladies transmises par les tiques aux ruminants sont très élevées et varient d'une région à une autre ;
- les ruminants séropositifs sont largement distribués au niveau des zones d'élevage au Maroc ;
- le taux de contamination des élevages et des animaux par les hémoparasitoses est très élevé au niveau des quatre régions étudiées ;
- un nombre important d'animaux sont porteurs de plus d'un seul hémoparasite, deux voire trois à la fois ;
- la région du Gharb-Chrarda-Bni Hssen est la plus touchée par ces maladies ;
- les bovins sont plus infestés par les tiques que les ovins et les caprins par ces maladies ;
- la theilériose bovine à *T. annulata* est la maladie la plus prévalente, et ce au niveau de toutes les régions étudiées ;
- le type d'élevage, l'âge des animaux et leur espèce sont des facteurs favorisant la contamination par les hémoparasites ;
- les tiques, les principaux vecteurs de ces maladies, sont très important en nombre et en genre et largement distribuées au niveau de ces régions ;
- les tiques se sont bien adaptées aux changements des écosystèmes issus du développement agricole et de l'aménagement des zones d'élevage ;
- trois espèces des dix espèces de tiques rencontrées sont des vecteurs prouvés par les analyses biologiques : *H. scupense* est vecteur de *T. annulata* chez les bovins, *R. (Boophilus) annulatus* est vecteur de *B. bovis*, *B. bigemina* et *A. marginale* chez les bovins et *R. bursa* est vecteur de *B. bigemina* chez les bovins et de *A. ovis* chez les ovins et caprins ;
- les animaux sont infestés par plus d'une espèce de tique, deux, trois voire quatre espèce à la fois ;

- chaque espèce de tique à sa propre dynamique saisonnière, mais en général la période estivale et printanière sont les périodes de prédilection pour l'activité de la presque totalité des espèces rencontrées ;
- le couvert végétal joue un rôle important dans l'activité de certaine espèce de tique ;
- par ailleurs, nous avons constaté que seules certaines espèces de tiques peuvent être collectées sur les pâtures par la méthode du drapeau : *R. sanguineus*, *R. bursa*, *R. turanicus*, *H. marginatum* et *H. excavatum*. Ces espèces ont été collectées soit sur des feuilles ou tiges de plantes herbacées ou dans les bois, sur la litière d'arbres ou d'arbrisseaux.
- la tique *H. scupense*, principal vecteur de la theilériose bovine au Maroc, est la tique la plus importante au niveau de toutes les régions de l'étude ;
- les babesioses sévissent dans les zones humides et autour des cours d'eau selon un gradient Ouest- Est, la theilériose sévit dans les zones arides et semi arides quant à l'anaplasmosse, cette étude a montré que son aire de répartition dépasse largement celle de son vecteur présumé, ce qui laisse à supposer qu'il y a d'autres vecteurs potentiels pour cette maladie.

La lutte contre les tiques au Maroc pose beaucoup de difficultés aux éleveurs. Il existe souvent des problèmes liés au dosage des produits acaricides ; le traitement est en outre onéreux et les fermes sont généralement de petites exploitations avec un mélange d'animaux (bovins, ovins, caprins et équins). Dans ces conditions, les animaux non traités constituent une source de contamination. L'utilisation répétée de la même molécule peut engendrer aussi un problème de résistance vis- à- vis du produit en plus de l'impact désastreux sur l'environnement.

Outre les problèmes liés à l'application des molécules acaricides disponibles sur le marché marocain, il est nécessaire de rappeler que toutes ces hémoparasitoses se manifestent toutes au niveau clinique par des signes très similaires. Or le choix d'un médicament spécifique est essentiel car ces différents pathogènes ne répondent qu'à une gamme limitée de produits. En cas d'erreur de diagnostic, la perte est double : le médicament est souvent coûteux (entre 100 et 150 Euros/bovin) et l'animal peut mourir ou perdre toute valeur économique.

## II- RECOMANDATIONS

Le contrôle des hémoparasitoses des ruminants au Maroc passe inéluctablement par le contrôle des 3 vecteurs identifiés à savoir : *H. scupense*, *R. annulatus* *R. bursa*. Pour lutter contre ces acariens sans l'usage des acaricides qui peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'environnement nous proposons des mesures écologiques et simples dont les éleveurs n'auront aucune difficulté à assimiler et réaliser à condition que des campagnes de sensibilisation soient entretenues régulièrement dans les zones à risque. Ces mesures, à défaut d'éradiquer complètement ces tiques, chose qui n'est pas réalisable et qui n'est pas souhaitée, diminueraient le taux d'infection des animaux par les hémoparasitoses.

*H. scupense*, principal vecteur de la theilériose bovine dans notre pays, est une tique endophile dont les femelles se logent et pondent dans les fissures des murs des étables. Pour lutter d'une façon écologique contre cette tique, les mesures suivantes pourraient diminuer la charge parasitaire des exploitations et par conséquent des animaux. Il faudra donc sensibiliser les éleveurs à :

- colmater et cimenter les murs et le sol des étables ;
- fouiller et détiquer systématiquement les animaux nouvellement achetés avant de les introduire à l'exploitation ;
- éviter l'accès de l'étable aux autres animaux de l'exploitation ;
- mettre du grillage à émaille fine sur les fenêtres pour empêcher l'accès des oiseaux sauvages à l'étable.

*R. (Boophilus) annulatus* tique hygrophile dont les larves sont à l'affût dans les endroits humides autour des cours d'eau. Pour lutter contre cette espèce, il faudra sensibiliser les éleveurs à prendre les mesures suivantes :

- abreuver les animaux loin des cours d'eau,
- fouiller et détiquer systématiquement les animaux nouvellement achetés avant de les introduire à l'exploitation ;
- éviter l'accès de l'étable aux autres animaux de l'exploitation ;
- mettre du grillage à émaille fine sur les fenêtres pour empêcher l'accès des oiseaux sauvages à l'étable.

*R. bursa* est une tique exophile à cycle diphasique dont les formes immatures se nourrissent sur les petits mammifères et les adultes guettent leurs hôtes sous les bois. Pour lutter contre cette espèce, il faudra sensibiliser les éleveurs à prendre les mesures suivantes :

- éviter le pâturage en forêt,
- fouiller et détiquer systématiquement les animaux nouvellement achetés avant de les introduire à l'exploitation ;
- combattre les rongeurs ;
- éviter l'accès de l'étable aux autres animaux de l'exploitation;
- mettre du grillage à émaille fine sur les fenêtres pour empêcher l'accès des oiseaux sauvages à l'étable.

Les mesures de lutte proposées dans ce travail ne constituent pas la solution à ce problème mais visent uniquement à sensibiliser les éleveurs à prendre plus de précautions pour diminuer l'impact économique et environnemental causé par les traitements acaricides en attendant de trouver le moyen adéquat pour lutter efficacement contre ces maladies.

Dans plusieurs pays du monde, la lutte contre les hémoparasitoses a été réalisée avec des moyens inférieurs à ceux dont on dispose aujourd'hui. Des techniques sensibles et fiables d'immunologie moderne et de biologie moléculaire permettent aujourd'hui de faire face à tous ces problèmes de diagnostic.

Au vu des problèmes liés à l'application des acaricides comme moyens de contrôle principaux, nous recommandons que les futures études focalisent plus sur le développement de techniques basées sur la vaccination à l'aide de souches locales atténuées ou par infection/traitement. Ce mode de contrôle est utilisé chez les bovins depuis plusieurs années dans des pays comme Israël, le Brésil, l'Argentine.

# *Références Bibliographiques*

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ait 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*, 93:1318-1323.
- Ait Hamou S., Rahali T., Sahibi H., Belghyti D., Losson B & Rhalem A. (2012).** Séroprévalences des hémoparasitoses bovines dans deux régions irriguées du Maroc. *Revue Méd. Vét.*, 163(10) : 480-485.
- Ait Hamou S., Rahali T., Sahibi H., Belghyti D., Rhalem A. (2012).** Séroprévalence de *Theileria annulata* chez les bovins dans les régions du Gharb, Saïs et Moyen Atlas du Maroc. *World Journal of Biological Research* , 5(1): 6-12.
- Ait Hamou S., Rahali T., Sahibi H., Belghyti D., Laboudi M & Rhalem A. (2011).** Séroprévalences de *Babesia bovis* et de *Babesia bigemina* chez les bovins au Nord Centre du Maroc. *ScienceLib Editions Mersenne*, Volume 3 , N ° 111103, ISSN : 2111-4706.
- Alani A.J., Konrad J. & Herbert IV. (1988).** Serodiagnosis of *Babesia motasi* (Wales), Theileriadae, Sporozoa) isolated from *Haemaphysalis punctata* from North Wales. *Vet. Parasitol.*, 28 : 283-291.
- Ambrosio R.E. & De Waal D.T. (1990).** 'Diagnosis of parasitic disease'. *Revue Scientifique Technique Office International Des E*, 9 : 759-778.
- Awad H., Antunes S., Galindo R.C., Do Rosario V.E., De La Fuentec J., Domingos A. & El Hussein A.M. (2011).** Prevalence and genetic diversity of *Babesia* and *Anaplasma* species in cattle in Sudan, *Veterinary Parasitology*, 181: 146- 152.
- Bailly- Choumara R., Morel P.C. & Rageau J. (1976).** Sommaire des données actuelles sur les tiques au Maroc. *Bull. Inst. Sci.* N° 1.
- Bailly- Choumara R., Morel P.C. & Rageau J. (1974).** Première contribution au catalogue des tiques du Maroc (*Ixodidea*). *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 54 (1-2): 1-9.
- Barriga O., Da Silva S.S. & Azevedo J.S.C. (1995).** Relationships and influences between *Boophilus microplus* characteristics in tick-naïve or repeatedly infested cattle. *Vet. Parasitol.*, 56: 225-238.
- Barriga O., Da Silva A. & Azevedo J. (1993).** Inhibition and recovery of tick functions in cattle repeatedly infested with *Boophilus microplus*. *J. Parasitol.*, 79: 710-715.
- Barnett S.F. (1968).** Theileriasis: In infectious blood diseases of man and animals, diseases caused by Protista. *Vol.II, Einman, D.and Ristic, M. (Eds)*, 269–329.
- Belkasm A. (1980).** Éssai de vaccination contre la theileriose chez les veaux dans les conditions naturelles. *Thèse de Doctorat Vétérinaire. I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc*
- Benchikh-Elfegoun M.C., Benakhla A., Bentounsi B., Bouattour A. & Piarroux R. (2007).** Identification et cinétique saisonnière des tiques parasites des bovins dans la région de taher (Jijel) Algérie. *Ann. Méd. Vét.*, 151: 209-214.
- Bishop F.C. & Trembley Y. (1945).** Distribution and hosts of certain north american ticks. *J. Parasitol.*, 31, 1–54.
- Bouattour A., Darghouth M.A. & Daoud A. (1999).** Distribution and ecology of ticks (*Acari: Ixodidae*) infesting livestock in Tunisia : an overview of eight years field collections. *Parassitologia*, 41(1): 5-10.
- Bouattour A. & Darghouth M.A. (1996).** First report of *Babesia divergens* in Tunisia. *Vet. Parasitol.*, 63(1-2) : 161-165.
- Bourdeau P. (1993a).** Les tiques d'importance vétérinaire et médicale, 1ère partie. *Le Point Vétérinaire*, 151(25) : 27-41.

- Bourdeau P. (1993b).** Les tiques d'importance vétérinaire et médicale. 2ème partie: Principales espèces de tiques dures (*Ixodidae* et *Amblyommidae*). *Le point vétérinaire*, 25 : 27-41.
- Bourdeau P. (1982).** La lésion de fixation des tiques Ixodidea, ses modalités et ses conséquences. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 158: 383-395.
- Bouslikhane M., Kachani M. & Ouhelli M. (1998).** La theilériose bovine au Maroc, investigations épidémiologiques et étude de l'impact sur la productivité des élevages. *Résumé de communication orale, 15 Eme congrès vétérinaire maghrébin, Hammamet, Tunisie.*
- Bouslikhane M. (1998).** Tropical theileriosis (*Theileria annulata*) in Morocco: epidemiological and economic investigation. *Unpublished Ph D. thesis. The University of Reading. UK.* 209p.
- Brouqui P. (2003).** Ehrlichiose à *Anaplasma phagocytophilum* en France et en Europe. *In : Rickettsioses-zoonoses et autres arbo-bactérioses-zoonoses, 11-12 sept 2003, Ploufragan.L.S.P.A.L.A. Zoopôle Saint-Brieuc - Ploufragan.* 49.
- Burridge M.J. & Kimber C.D. (1973).** Studies on colostral antibodies to *Theileria parva* using the indirect fluorescent antibody test. *Z. Tropenmed. Parasit.*, 24: 305-308.
- Camus E. & Barre N. (1995).** Vector situation of tick-borne diseases in the Caribbean Islands. *Vet. Parasitol.*, 57: 167-176.
- Kocan K.M., De la Fuente J., Guglielmone A.A., Melendez R.D. (2003).** Antigens and alternatives for control of *Anaplasma marginale* Infection in Cattle. *Clin. Microbiol. Rev.*, 16 (4): 698-712.
- Coetzer J.A.W., Thomson G.R. & Tustin R.C. (1994).** Infectious Diseases of Livestock with Special Reference to Southern Africa, Oxford University Press, Cape Town (1994).
- Collin E. (2003).** L'anaplasmose bovine. *In: Rickettsioses-zoonoses et autres arbobactérioses-zoonoses, 11-12 sept 2003, Ploufragan. I.S.P.A.I.A. Zoopôle Saint-Brieuc - Ploufragan.* 123-125.
- Combes C. (1995).** Interactions durables – Ecologie et évolution du parasitisme. *Masson, Paris*, 524p.
- Coronado A. (2001).** Is *Boophilus microplus* the main vector of *Anaplasma marginale*. Technical Note. *Rev. Cient. FCV-LUZ/XI.* p. 408-411
- De Castro J.J. (1997).** Sustainable ticks and tick-borne disease control in livestock improvement in developing countries. *Vet. Parasitol.*, 71 : 69-76.
- Dehove A. (1991).** Enquête sur l'épidémiologie de la babésiose bovine dans l'Ouest et le centre de la France. Analyse statistique des réponses. *Thèse. Doct. Vet. Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, France.*
- Dellac B. (1999).** Maladies transmises aux bovins par les tiques. *L'action vétérinaire*, 1478 : 19-24.
- Delpy L. (1949).** Recherches effectuées en Iran sur *T. annulata* et sa transmission dans les conditions naturelles ou expérimentales. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 42(5-6): 285-294.
- Dennis H.K. (1974).** Chemotherapy of protozoal tick-borne diseases. *Bull. Off. Int. Epiz.*, 81(1-2):103-121.
- Desquesnes N. (1987).** *Boophilus microplus*, biologie et mode de lutte, applications à la Nouvelle Calédonie. *Thèse Doct. Vet., ENV Alford, Fac. Méd. Créteil, Univ. Paris XII*, p. 124-283.
- Diallo A. (1992).** First line diagnostic of animal disease. *Proceeding of EEC cotractant Workshops, Rethymno, Crête (Grec), 2-6 november 1992*, p. 84-91.
- Dikmans G. (1950).** The transmission of anaplasmosis. *Am. J. Vet. Res.*, 11: 5-16.
- Dipeolu O.O., Mongi A.O., Essuman S., Amoo A.O. & Ndungu J.N. (1992).** Studies on naturally acquired immunity to African ticks. II. Observations on cattle exposed to *Rhipicephalus appendiculatus* under varying periods of repeated infestations. *Vet. Parasitol.*, 41: 293-320.
- Dipeolu O.O. & Ndungu J. N. (1991).** Acaricide activity of Kupetaba, a ground mixture of natural products, against *Rhipicephalus appendiculatus*. *Vet. Parasitolo.*, 38: 327-338.
- Drummond R.O. (1976).** Tick-borne livestock diseases and their vectors. 4. Chemical control of ticks. *World Anim. Rev.*, 19: 28-33.

- Dumler J.S., Barbet A.F., Bekker C.P., Dasch G.A., Palmer G.H., Ray S.C., Rikihisa Y., Rurangirwa F.R. (2001).** Reorganization of genera in the families *Rickettsiaceae* and *Anaplasmataceae* in the order *Rickettsiales*: unification of some species of *Ehrlichia* with *Anaplasma*, *Cowdria* with *Ehrlichia* and *Ehrlichia* with *Neorickettsia*, descriptions of six new species combinations and designation of *Ehrlichia equi* and 'HGE agent' as subjective synonyms of *Ehrlichia phagocytophila*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 51(6) : 2145-65.
- Edwards E.E. & Arthur D.R. (1947).** The seasonal activity of the tick, *Ixodes ricinus* L., in Wales. *Parasitology*, 38 : 72-85.
- El Fassy O.J. (1993).** La distribution des principales espèces d'*Ixodoidea* d'importance vétérinaire et médicale en France. *Thèse de doctorat vétérinaire, Ecole Vétérinaire, Alfort, France*.
- El Haj N., Kachani M., El Hasnaoui M., Flach E., Ahami A.T. & Ouhelli H. (2003).** Etude sur la transmission de l'immunité colostrale contre *Theileria annulata*. *Revue Méd. Vét.*, 154(7) : 491-496.
- El Haj N., Kachani M., Katzer F., Bouslikhane M. & El Guennouni R. (2001).** Développement d'un test ELISA à base d'un antigène recombinant pour l'étude séro-épidémiologique de la theileriose tropicale au Maroc. *Revue Méd. Vét.*, 152(7) : 561-566.
- El Kamch S. (2005).** Séroprévalence des hémoparasitoses vectorielles des bovins dans la région du Centre Nord du Maroc. *Thèse Doctorat Vétérinaire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat*, 115 p.
- Estrada-Peña A., Bouattour A., Camicas J.L. & Walker A.R. (2004).** Tiques d'Importance Médicale et Vétérinaire: le Bassin Méditerranéen. *ICTTD CD-ROM, Mediterranean ticks*. 3-12 : 12 p.
- Euzeby J. (1988).** Protozoologie Médicale Comparée, Vol. 3: Apicomplexa, 2: Hémosporidioses, Fascicule 1: Plasmodiidés, Haemoproteidés "Piroplasmés" (caractères généraux), 558 pp.
- Ewing S.A. (1981).** Transmission of *Anaplasma marginale* by arthropods. p. 395-423. In Hidalgo R. J. and Jones E. W. (ed.), *Proceedings of the 7th National Anaplasmosis Conference*. Mississippi State University, Mississippi State.
- Fahmy M.A.M., Arafa M.S., Mandour A.M. & Sema, A.A. (1981).** A survey of hard tick (*Ixodidae*) infesting domestic animals in Assuit Governorate, Upper Egypt. *Acta parasitol. Polonica* XXVIII, 9: 91-96.
- Fivaz B.H. (1989).** Immune suppression induced by the brown ear tick *Rhipicephalus appendiculatus* Neumann, 1901. *Journal of Parasitology*, 75: 946-952.
- Flach E. & Ouhelli H. (1992).** The epidemiology of tropical theileriosis (*Theileria annulata* in cattle) in an endemic area of Morocco. *Vet. Parasitol.*, 44: 51-65.
- Friedhoff T. (1997).** Tick-borne diseases of sheep and goats caused by *Babesia*, *Theileria* or *Anaplasma* spp. *Parasitologia*, 32 (2): 99-109.
- Furman D.P. & Loomis E.C. (1984).** The Ticks of California (*Acari: Ixodida*). *Bulletin of the California Insect Survey*, 25 (1): 239-356.
- Ganse D. (1986).** Epidemiology of *Babesia divergens* infection in cattle in northern Germany. *Thesis Tierärztliche Hochschule, Hanover, Germany*, p. 255.
- Gardiner W. P. & Gray J. S. (1986).** A computer simulation of the effects of specific environmental factors on the development of the sheep tick *Ixodes ricinus* L. *Vet. Parasitol.*, 19 : 133-144.
- George J.C. (2003).** Comment un syndrome grippal estival peut révéler un premier cas d'ehrlichiose granulocytaire en France. *Rev. Prat. Med. Gen.*, 475(1): 57-71.
- George J.C. & Chastel C. (2002).** Maladies vectorielles à tiques et modifications de l'écosystème en Lorraine. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 95 (2): 95-99.
- Gomes A.F., Kageruka P. & Brandt J. (1991).** Epidémiologie de la babésiose bovine dans le sud-ouest de l'Angola. *Revue Elev. Méd. Vet. Pays Trop.*, 44(4): 429-435.

- Graf J.F., Mermod C. & Aeschlimann A. (1978).** Ecologie et éthologie d'*Ixodes ricinus* L. en Suisse (*Ixodoidea* ; *Ixodidae*). Sixième note: les rythmes de détachement chez *Ixodes ricinus* et leurs implications écologiques. *Acarologia*, 20 (3): 327-337.
- Gray J.S. (1984).** Studies on the dynamics of active populations of the sheep ticks, *Ixodes ricinus* L., inco wicklow, Irland. *Acarologia*, 25: 167-178.
- Habela M., Reina D., Nieto C. & Navarete I. (1990).** Antibody reponse and duration of latent infection in sheep following experimental infection with *Babesia ovis*. *Vet. Parasitol.*, 35: 1-10.
- Hashemi-Fesharki R. (1997).** Tick-borne diseases of sheep and goats and their related vectors in Iran. *Parassitologia*, 39(2):115-7.
- Harold E., David P., James A., Franklin M. & Alice M. (2003).** Ticks. *The Merck Veterinary Manual, 8th edition*, p. 678-715.
- Hassan S.M. & Osman A.M. (2003).** Ecological and biological factors determinig dynamics of Ixodid ticks: A review. *Sud. J. Vet. Sci. Anim. Husb.*, 42 : 1-2.
- Hassissene M. (1981).** Les babésioses des ruminants domestiques. *Thèse Doct. Vét.* ENV Toulouse, Uni. Toulouse, 117: 79.
- Haufe W. (1985).** Les tiques du Canada, importance medicale et économique. *J. parasitol.*, 39: 110-111.
- Hillyard P.D. (1996).** Ticks of North-West Europe. Edited by Barnes R.S.K. and Crothers J.H. 178p.
- Hoogstraal H. & Aeschlimann A. (1982).** Tick-host specificity. *Bull. Soc. Entomol. Suisse*, 55: 5-32.
- Hoogstraal H. & Kaiser M.N. (1959).** Observations on Egyptian *Hyalomma* ticks (*Ixodoidea*, *Ixodoidea*). 5. Biological notes and differences in identity of *Hyalomma anatolicum* and its subspecies *anatolicum* Koch and *excavatum* Koch among russian and other workers. Identity of *Hyalomma lusitanicum* Koch. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 52 (3): 243-261.
- Hoogstraal H. (1956).** African *Ixodidae*. ticks of the sudan. *Search, Rep. Washington (U.S Govt Print office)*, p. 1101.
- James M.A. (1988).** Immunology of babesiosis. Ristic M., ed. babesiosis of domestic animals and man. Boca Raton, Florida: CRC press, p. 119.
- Joncour G. (2003).** Rickettsioses-zoonoses et autres Arbo-bactérioses-zoonoses. Restitution des données (1999-2003). In: *Rickettsioses-zoonoses et autres arbo-bactérioses-zoonoses*, 11-12 sept 2003, Ploufragan. L.S.P.A.J.A. Zoopôle Saint-Brieuc – Ploufragan, 58-100.
- Jongejan F. & Uilenberg G. (2004).** The global importance of ticks, *Parasitology*, 129: 3-14.
- Kachani M., El Haj N., Kahouache H. & Ouhelli H. (2004).** Vaccin vivant contre la theilériose bovine constitué par des macroschizontes de *Theileria annulata* : innocuité, durée de l'immunité et absence de portage. *Revue Méd. Vét.*, 155 (12): 624-631.
- Kachani M., Flach E., Williamson S., Ouhelli H., El Hasnaoui M. & Spooner R.L. (1996).** The use of an enzyme-linked immunosorbent assay for tropical theileriosis research in Morocco. *Prev. Vet. Med.*, 26: 329-339.
- Keirens J.E., Hutcheson H.J., Durden L.A. & Klompen J.S. (1996).** *Ixodes scapularis* (Acari: *Ixodidae*): redescription of all active stages, distribution, hots, geographical variation, and medical and veterinary importance. *J. Med. Entomol.*, 33 (3): 297-318.
- Klinger J. & Benyossef H. (1972).** A case on intrauterine infection with *Babesiella berbera*. *Refuah Vetrinarth*, 29 (2): 73-74.
- Kraft M.K. (1961).** Studies on the effect of microclimates on the distribution of larval ticks in the eastern Cape province. *M. Sc. Thesis. Rhodes University Grahamstown. S. Africa*.
- Lafia S. (1982).** Les tiques (*Amblyommidae*) parasites des bovins en République Populaire du Bénin. *Mémoire de médecine vétérinaire. Université de Dakar : Dakar*, 1982, 83 p.
- Levasseur G. (1993).** Les Acariens parasites des ruminants - Les agents des gales et les tiques. *Bulletin des GTV. Spécial Parasitologie des Ruminants*, p. 9-21.

- Levine N.D. (1988).** Predator- prey *Coccidia*: the sarcocystidae. *The protozoose phylum apicomplexa, vol.II, Boca Raton, Florida: CRC press*, p. 1-10.
- Levine N.D. (1971).** Taxonomy of the piroplasms. *Transactions of the American Microscopical Society*, 90: 233.
- L'hostis M., Dumon H., Dorchies B., Boisdrion F. & Gorenflot A. (1995).** Seasonal incidence and ecology of the tick *Ixodes ricinus* (Acari : Ixodidae) on grazing pastures in western France. *Experimental & applied acarology*, 19 : 211-220.
- L'hostis M. (1989).** Mise en évidence du rôle de *Babesia divergens* dans la babésiose humaine en France. Service Parasitologie, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes. *In* : travail de recherche présenté au concours d'agrégation en parasitologie, 1989.
- Liz J.S. (2003).** *Anaplasma phagocytophilum* : infections chez les tiques *Ixodes ricinus* et les animaux réservoirs en Suisse. *In: Rickettsioses-zoonoses et autres arbo-bactérioses-zoonoses, 11-12 sept 2003, Ploufragan. I.S.P.A.I.A. Zoopôle Saint-Brieuc Ploufragan.* p. 37-41.
- Lonsbury C.P. (1899).** The Bnt tick *Amblyomma hebraeum* K. its life history and habits. *Aagric. J. Cape. Good hope.*, 15: 728-743.
- Mac Leod J. (1939).** The ticks of domestic animals in Britain. *Empshire journal of experimental agriculture*, 1: 97-110.
- Mac Manus D.P. & Bowles J. (1996).** Molecular genetic approches to parasite identification : their value in diagnostic parasitology and systematics. *International Journal for Parasitology*, 26 (7): 687-704.
- Mahoney D.F. (1977).** Babesiosis of domestic animals. Dans Parasitic protozoa IV. Kreirer J. P. Ed: 1-52 & 32-52. *Academic Press.* New York.
- Marcotty T. (2003).** Optimisation and rationalisation of cattle imunisation against *Theileria parva* in Easern Zambia. *Thèse de Doctorat ès-Science Vétérinaires*, Institut de Médecine Tropicale d'Anvers.
- Mccoster J. (1979).** Les tiques dans un monde en evolution : nouveaux concéptes de lutte. *Acarologia*, 6: 312-313.
- Mehlhorn H. & Walldorf V. (1988).** Life cycles. *In: Parasitology infocus*, (Mehlhorn H. ed.) Springer Verlag, Berlin, Germany. 1-147. 924 p.
- Mehlhorn H. & Schein E., (1984).** The piroplasms: life-cycle and sexual stage. *Adv. Parasitol.*, 23 : 37-103
- Ministère de l'Agriculture et de la pêche maritime. (2012).** Un tournant historique pour le développement de la filière viandes rouges au Maroc. [En ligne ], [consulté le 27/11/2013].  
<http://www.agriculture.gov.ma/search/node/fili%C3%A8re%20viandes%20rouges%20au%20Maroc>
- Milne A. (1944).** The ecology of the sheep tick, *Ixodes ricinus* L. Distribution of the tick in relation to Geology, soil and vegetation in Northern England. *Parasitology*, 35: 186-196.
- Moll I., Moll R. & Franke W.W. (1986).** Formation of epidermal and dermal Merkel cells during human fetal skin development. *J. Invest. Dermatol.*, 87: 779-787.
- Morel P.C. (2000).** Maladies à tiques du bétail en Afrique. *In* : *Précis de parasitologie vétérinaire et tropicale* (Chartier C., Ltard J., Morel P.C., Troncy P.M.). Institut d'élevage et de Médecine des Pays Tropicaux, Editions techniques et Documentation - Paris. J., p. 456-550.
- Morel P.C. (1993).** Dossier sur la lutte contre les tiques sur l'économie de la lutte cours magistral DESS, CIRAD-EMVT, 1993-1994. Publ. CIRAD-EMVT, 1993, Maisons-Alfort.
- Morel P.C. (1988).** Tick Borne Disease of livestock in Africa. *Part. III in —Manual of tropical veterinary parasitology*. CAB International (Ed.), Wallingford, 473 pp.
- Morel P.C. (1981).** Maladie du bétail en Afrique in précis de Parasitologie Vétérinaire Tropicale. *Manuel et précis d'Eleavage. Institut d'Eleavage et de Médecine des Pays Tropicaux*, 3: 715.
- Morel P.C. (1976).** Morphologie, biologie et rôle pathogène des tiques polycopie. *Institut d'Eleavage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux , Alfort. Paris.*

- Morel P.C. (1958).** Les tiques des animaux domestiques de l'Afrique occidentale française. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 12: 153-189.
- Mourad M. & Balde J. (1993).** Causes de la mortalité des petits ruminants sur le plateau de Sankara, Guinée. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 46: 84-88.
- Neitz W.O. (1957).** Theileriosis, gonderiosis and cytauxzoonosis: a review. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 27: 275-430.
- Noh S.M., Zhuang Y., James E., Futse W., Brown C., Brayton K. A. and Palmer G.H. (2010).** "The Immunization-induced Antibody Response to the Anaplasma Marginale Major." *Vaccine*, 28 : 3741-747.
- Ogden N.H., Swaie B., Eauchamp G., Karimuribo E., Fitzpatrick J.L., Bryant M.J., Kambarage D. & French N.P. (2004).** Risk factors for tick attachment to smallholder dairy cattle in Tanzania. *Prev. Vet. Med.*, 67: 157-170.
- Osman A.M. (1997).** Major tick-borne diseases of sheep and goats in the Sudan. *Parasitologia*, 39 (2):143- 4.
- Ouhelli H., Kachani M., Flach E., Williamson S., El Hasnaoui M. & Sponner R. (1997).** Investigations on vaccination against theileriosis in Morocco: Tropical Animal Health and Production. *Proceeding of European Union International Symposium on Ticks and Tick borne diseases*, Xi'an, China 3-6 September 1996. Editor Hunter et al., 1997, 29 : 101.
- Ouhelli H., Innes E.A., Brown C.G.D., Walker A.R., Simpson S.P. & Spooner R.L. (1989).** The effect of dose and line on immunization of cattle with lymphoblastoid cells infected lines with Theileria annulata. *Vet. Parasitol.*, 31 : 217-228.
- Ouhelli H. (1985).** Theilériose bovine à *Theileria annulata* : recherche sur la biologie des vecteurs *Hyalomma* spp et sur les interactions hôte-parasite. *Thèse de Doctorats ès-Science*, Toulouse, France.
- Ouhelli H. & Pandey V.S. (1982).** Prevalence of cattle ticks in Morocco. *Trop. Anim. Health Prod.*, 14: 151-154.
- Parola P. & Raoult D. (2001).** Ticks and tick-borne bacterial diseases in humans: an emerging infectious threat. *Clin. Infect. Dis.*, 32(6): 897-928. Erratum in: *Clin Infect Dis*. 2001 Sep 1; 33(5): 749.
- Pegram R.G., Perry B.D., Musisi El. & Mwanaumo B. (1986).** Ecology and phenology of ticks in Zambia: seasonal dynamics on cattle. *Exp. Appl. Acarol.*, 2 : 25-45.
- Perez-Eid C. & Gilot B. (1998).** Les tiques: cycles, habitats, hôtes, rôle pathogène, lutte. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 28: 335-343.
- Pillot J. & Peltier A.P. (1985).** Technique en immunologie. *Editions Flammarion, Médecine-Sciences*. Paris.
- Pipano E. (1974).** Immunological aspects of *Theileria annulata* infection. *Bull. Off. Int. des Epizooties*, 1: 139-159.
- Poncelet J.L. (1993).** Les maladies transmises par les tiques chez les ovins. *Bull. Group. Tech. Vet.*, 5: 29-35.
- Purnell R.E. (1978).** Bovine babesiosis in the european cornmunity. *Veterninary Science Communications*, 1: 289-296
- Rhalem A. & Sahibi H. (2007).** Tiques et maladies transmises par les tiques au Maroc. *Bulletin d'information et de liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA)*, 15 :1-4.
- Rechav Y. & Fielden L.J. (1995).** The effect of host resistance on the metabolic rate of engorged females of *Rhipicephalus evertsi evertsi*. *Med. Vet. Entomol.*, 9(3): 289-92.
- Rechav Y., Kostrzewski M.W. & Els D.A. (1991).** Resistance of indigenous African cattle to the tick *Amblyomma hebraeum*. *Experimental and Applied Acarology* , 12: 229-241.

- Ristic M. (1977).** Bovine anaplasmosis, Chapter 7, pp. 235-249, in *Parasitic protozoa, Vol. IV, Kreier J.P. Ed., Academic Press, New York, San Francisco, London.*
- Ristic M. & Kreier J.P. (1974).** Genus III, *Aegyptianella*. In : R.E. Buchman and N. E. Gibbons, eds., Bergey's Manual of Determinative bacteriology 8<sup>th</sup> ed. Williams & Wilkins, Baltimore, p. 909.
- Roberts J.A. (1968).** Resistance of cattle to the tick *Boophilus microplus* (Canestrini). Development of ticks on *Bos taurus*. *Journal of Parasitology*, 54 : 663-666.
- Rodhain F. (1916).** Les maladies à vecteurs. Que sais-je ? *Presses Universitaires de France*. p12.
- Sahibi H., Rhalem A., Berrag B. & Goff W.L. (1998a).** Seroprevalence and ticks associated with Cattle from two regions of Morocco. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 849: 213-218.
- Sahibi H., Rhalem A., Berrag B. & Goff W.L. (1998b).** Seroprevalence of bovine anaplasmosis in Morocco. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 849, 427-429.
- Sahibi H., Rhalem A. & Barriga O.O. (1997).** Comparative immunizing power of infections, salivary extracts, and intestinal extracts of *Hyalomma marginatum marginatum* in cattle. *Vet. Parasitol.*, 68:359-366.
- Sergent E., Donatien A.L., Parrot L.M., Lestoquard F. & Plantureux E. (1945).** Etude sur les piroplasmoses bovines. *Alger, Algérie, Institut Pasteur*, 770 p.
- Sonenshine D.E. & Mather T.N. (1994).** Ecological dynamics of tick-borne zoonoses. *New York, Oxford Univ. Press.*, 447 pp.
- Stiller D. (1990).** Application of biotechnology for the diagnosis and control of infectious diseases, 54: 827-831.
- Tageldin M.H., Zahia A.M., Nagwa Z.G. & El Sawi S.A.S. (1992).** An outbreak of theileriosis in sheep in Sudan. *Trop. Anim. Health Prod.*, 24: 15-16.
- Tatchell R.J., Chimwani D., Chirchir S.J., Ong'are J.O., Mwangi E., Rinkanya F. & Whittington D. (1986).** A study of the justification for intensive tick control in Kenyan rangelands. *Vet. Rec.*, 119: 401- 403.
- Theiler A. (1911).** The transmission of gall sickness by ticks. *Vet. Record.*, 24: 630-633.
- Theiler A. (1910).** *Anaplasma marginale* (gen. spec. nov.). The marginale points in the blood of cattle suffering from a specific disease, p. 7-64. In *Theiler A. (ed.), Report of the government veterinary bacteriologist, 1908-9.* Transvaal, South Africa.
- Thompson K.C., Todorovic R.A., Mafeus G. & Adams L.G. (1978).** Methods to improve the health of in the tropics : immunisation and chemoprophylaxis against haemoparasitic infections. *Trop. Anim. Health Prod.*, 10: 75-81.
- Torioni De Echaide S., Knowles D.P., Mcguire T.C., Palmer G.H., Suarez C.E. & Mcelwain T.F. (1998).** Detection of cattle naturally infected with *Anaplasma marginale* in a region of endemicity by nested PCR and a competitive enzyme-linked immunosorbent assay using recombinant major surface protein 5. *J. Clin. Microbiol.*, 36: 777-782.
- Uilenberg G. (1997).** General review of tick-borne diseases of sheep and goats world-wide. *Parasitologia*, 39(2): 143- 4.
- Uilenberg G. (1981).** Theilerial species of domestic livestock. In: Irvin, A.D., Cunningham, M.P. and Young, A.S. (eds.), *Advances in the control of Theileriosis. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague.* 137p.
- Uilenburg G., Rombach M.C., Perie N.M. & Zwart D. (1980).** Blood parasites of sheep in the Netherlands. II. *Babesia motasi* (Sporozoa, Babesiidae). *Vet.Q.*, 2(1): 3-14.
- Verhulst A., Mahin L., Thys E. & De Witt K.J. (1983).** Prevalence of antibodies to *Anaplasma marginale* in cattle from various African biotopes in central Morocco, north Cameroon and southeastern Zaïre, *Zentralblatt Veterinary*, 30: 537-540.

- Vourc'h G., Marmet J., Chassagne M., Bord S. & Chapuis J.L. (2007).** *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Siberian chipmunks (*Tamias sibiricus*) introduced in suburban forests in France. *Vector Borne Zoon. Dis.*, 7: 637-642
- Wagland B.M. (1978).** Host resistance to cattle tick (*Boophilus microplus*) in Brahman *Bos indicus* cattle. II/ the dynamics of resistance in previous unexposed and exposed cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 26: 107-108.
- Wallace D.M. (1987).** Large and small scale phenol extractions, in: Berger S.L., Kimmel R. (Eds.), Guide to molecular cloning techniques, *Academic Press, Orlando*, pp. 31–41.
- Walker A.R., Bouattour A., Camicas J.L., Estrada Pena A., Horak I.G., Latif A.A., Pegram R.G. & Preston P.M. (2003).** Ticks of domestic animals in Africa: a guide to identification of species. *Bioscience Report*, pp.1-221.
- Walker D.H.Y. & Dumler S.D. (1996).** Emergence of the ehrlichioses as human health problems. *Emerging Infect.*, 2: 18-29.
- Wharton R.H. (1976).** Acaricide resistance and alternative methods of tick control. *World Animal Review*, 20: 8.
- Wilson J., Levine F. & Piesman J. (1991).** Hemoparasites of raccoons (*Procyon lotor*) in Florida. *Journal of Wildlife Diseases*, 27: 486-490.
- Woodford J.D., Jones T.W., Rae P.F., Boid R. & Bell-Sakyi L. (1990).** Seroepidemiological studies of bovine babesiosis on Pemba Island, Tanzania. *Vet. Parasitol.* 37: 175-184.
- Wright I.G. (1969a).** Hypotension in acute *Babesia bovis* (*B. Argentina*) infection of splenectomized calves. *J. Comp. Pathol.*, 87: 531-537.
- Wright I.G. (1969b).** Biogenic amine levels in acute *Babesia bovis* infected cattle. *Vet. Parasitol.*, 4: 393-398.
- Yeruham I., Hadani A. & Galker F., 1998.** Some epizootiological and clinical aspects of ovine babesiosis caused by *Babesia ovis*—a review. *Vet. Parasitol.*, 74(2-4): 153-63.
- Young A.S., Grocock C.M. & Kariuki D.P. (1988).** Integrated control of tick-borne diseases of cattle in Africa. *Parasitology*, 96: 403-432.
- Younis E.E., Hegazy N.A.M., El-Deeb W. & El-Khatib R.M. (2009).** Epidemiological and biochemical studies on bovine anaplasmosis in Dakahlia and Demiatta governorates in Egypt, *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 57: 297-309.
- Ziam H. & Benaouf H. (2004).** Prevalence of blood parasites in cattle from wilayates of Annaba and El Tarf, East Algeria, *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, 81: 27-30.

# *Annexes*

## Annexe I

**Tableau 1 : Nombre de bovins sérologiquement positifs aux hémoparasites**

	Nbre de sérums analysés	Nbre de sérums positifs	Positifs à <i>B.bovis</i>	Positifs à <i>B.bigemina</i>	Positifs à <i>T.annulata</i>	Positifs à <i>A.marginale</i>	Infections mixtes
Nombre	1040	689	125	141	370	213	155
Pourcentage	100	66,25	12,01	13,55	35,57	20,48	14,90%

**Tableau 2 : Nombre de bovins sérologiquement positifs aux hémoparasites selon la région**

Régions	Sérums analysés	Sérums positifs	Séropositivité				Infections mixtes
			<i>B.bovis</i>	<i>B.bigemina</i>	<i>T.annulata</i>	<i>A.marginale</i>	
Gharb-Chrarda-Bni Hssen	260	196	18	33	135	54	57
Doukkala-Abda	260	178	57	39	74	70	44
Tadla-Azilal	260	154	27	40	68	40	21
Marrakech-Tensift-El Haouz	260	161	23	29	93	49	33
<b>Total</b>	<b>1040</b>	<b>689</b>	<b>125</b>	<b>141</b>	<b>370</b>	<b>213</b>	<b>155</b>

**Tableau 3 : Nombre d'ovins sérologiquement positifs à *Anaplasma* selon la région**

Régions	Sérums testés	Nombre de cas positifs à <i>A. ovis</i>	Séropositivité
Gharb-Chrarda-Bni Hssen	215	176	82,86%
Doukkala –Abda	215	156	72,55%
Tadla-Azilal	215	127	59,06%
Marrakech-Tensift-El Haouz	215	131	60,93%
<b>Total</b>	<b>860</b>	<b>590</b>	

**Tableau 4 : Nombre de caprins sérologiquement positifs à *Anaplasma* selon la région**

<i>Régions d'étude</i>	<i>Sérums testés</i>	<i>Nombre des sérums positifs</i>	<i>Séropositivité</i>
Gharb-Chrarda-Bni Hssen	130	85	65,38%
Doukkala –Abda	130	70	53,84%
Tadla-Azilal	130	53	40,76%
Marrakech-Tensift-El Haouz	130	63	48,46%
<b>Total</b>	<b>520</b>	<b>271</b>	

## *Annexe II*

**Tableau 1 : Nombre et type d'exploitations contaminées par les hémoparasitoses selon la région**

Régions d'étude	Type d'exploitation	Nombre d'exploitations	Nombre d'exploitations contaminées
<b>Gharb-Chrarda-Bni Hssen</b>	Moderne	12	8
	Traditionnelle	12	12
<b>Tadla-Azilal</b>	Moderne	12	11
	Traditionnelle	12	12

<b>Doukkala-Abda</b>	Moderne	12	11
	Traditionnelle	12	12
<b>Marrakech-Tensift-El Haouz</b>	Moderne	12	12
	Traditionnelle	12	12
<b>Total</b>		<b>96</b>	<b>90</b>

**Tableau 2 : Nombre et type d'exploitations infestées par les tiques selon la région**

Région	Type d'exploitation	Nombre d'exploitations	Nombre d'exploitations infestées par les tiques
Gharb-Chrarda-Beni Hssen	Moderne	12	5
	Traditionnelle	12	12
Doukkala-Abda	Moderne	12	8
	Traditionnelle	12	12
Tadla-Azilal	Moderne	12	10
	Traditionnelle	12	12
Marrakech-Tensift-El Haouz	Moderne	12	12
	Traditionnelle	12	12
<b>Total</b>		<b>96</b>	<b>83</b>

## *Annexe III*

**Tableau 1: Importance relative de toutes les espèces de tique collectées sur les des bovins**

<b>Espèces</b>	<b>Nombre</b>	<b>IR (%)</b>
<i>H. marginatum</i>	1489	25,77
<i>H. scupense</i>	1544	26,72
<i>H. lusitanicum</i>	199	3,44
<i>H. excavatum</i>	554	9,58
<i>H. impeltatum</i>	26	0,45
<i>H. dromedarii</i>	59	1,02
<i>R. sanguineus</i>	266	4,60
<i>R. turanicus</i>	232	4,01
<i>R. bursa</i>	391	6,76
<i>Rh.(Boophilus) annulatus</i>	1017	17,60
<b>Total</b>	<b>5777</b>	<b>100</b>

**Tableau 2:** Nombre de tiques collectées sur les bovins selon la région

Région	Nbre de tiques collectées	Nombre de spécimen de chaque espèce									
		<i>H. marginatum</i>	<i>H. scupense</i>	<i>H. lusitanicum</i>	<i>H. excavatum</i>	<i>H. impeltatum</i>	<i>H. dromedarii</i>	<i>R. Sanguineus</i>	<i>R. turanicus</i>	<i>R. bursa</i>	<i>R. annulatus</i>
<b>Gharb-Chrarda-BniHssen</b>	1543	362	164	71	148	-	-	61	25	149	563
<b>Doukkala-Abda</b>	1454	394	464	41	118	-	-	83	82	104	168
<b>Tadla-Azilal</b>	1340	338	484	37	112	12	31	62	39	46	179
<b>Marrakech-Tensift-El Haouz</b>	1440	395	432	50	176	14	28	60	86	92	107
<b>Total</b>	<b>5777</b>	<b>1489</b>	<b>1544</b>	<b>199</b>	<b>554</b>	<b>26</b>	<b>59</b>	<b>266</b>	<b>232</b>	<b>391</b>	<b>1017</b>

**Tableau 3 :** Importance relative de toutes les espèces de tique collectées sur les ovins

Espèces	Nombre	IR (%)
<i>R. sanguineus</i>	366	23,76
<i>R. turanicus</i>	321	20,84
<i>R. bursa</i>	789	51,23
<i>H. excavatum</i>	64	4,15
<b>Total</b>	<b>1540</b>	<b>100</b>

**Tableau 4 :** Nombre de tique collectée sur les ovins selon la région

Régions d'étude	Nbre de tiques collectées	Nbre de spicemen de chaque espèce			
		<i>Rh. sanguineus</i>	<i>R. turanicus</i>	<i>R. bursa</i>	<i>H. Excavatium</i>
Gharb- Chrarda-BniHssen	659	103	140	395	21
Doukkala-Abda	382	114	80	170	18
Tadla- Azilal	206	60	37	99	10
Marrakech-Tensift-El Haouz	293	89	64	125	15
<b>Total</b>	<b>1540</b>	<b>366</b>	<b>321</b>	<b>789</b>	<b>64</b>

**Tableau 5 :** Importance relative de toutes les espèces de tique collectées sur les caprins

Espèces	Nombre	IR (%)
<i>R. sanguineus</i>	157	16,97
<i>R. turanicus</i>	191	20,64
<i>R. bursa</i>	523	56,54
<i>H. excavatum</i>	54	5,83
<b>Total</b>	<b>925</b>	<b>100</b>

**Tableau 6** : Nombre de tique collectée sur les caprins selon la région

Région	Nbre de spécimen de chaque espèce				
	Nbre de tiques	<i>R. sanguineus</i>	<i>R. turanicus</i>	<i>R. bursa</i>	<i>H. excavatum</i>
<b>Gharb- Chrarda-BniHssen</b>	355	52	56	231	16
<b>Doukkala-Abda</b>	181	30	19	121	11
<b>Tadla-Azilal</b>	159	33	32	76	18
<b>Marrakech-Tensift-El Haouz</b>	230	42	84	95	9
<b>Total</b>	<b>925</b>	<b>157</b>	<b>191</b>	<b>523</b>	<b>54</b>

## Résumé

Les hémoparasitoses (theilériose, babésiose et anaplasmosse) sont des maladies vectorielles graves à impacts économique et médicale considérables sur les élevages. Cette étude a été réalisée au niveau de quatre régions d'élevage au Maroc, elle avait pour objectif d'étudier l'épidémiologie de ces maladies chez les ruminants, l'écologie de leurs vecteurs, les tiques (Acari : Ixodidae), et de proposer une stratégie de contrôle écologique adaptée aux conditions locales.

Un total de 2 420 animaux ; bovins (1 040), ovins (860) et caprins (520), a été examiné au niveau de 96 exploitations. Les techniques cELISA et IFAT ont été utilisées pour la détermination de la séroprévalence des hémoparasitoses et la technique PCR-RFLP pour l'identification des vecteurs. Le test Phi de Cramer ( $\phi_c$ ) a été utilisé pour l'analyse statistique des facteurs de risque d'infection des animaux par les hémoparasites et par les tiques.

Les résultats ont révélé que les trois espèces de ruminants étaient vulnérables aux hémoparasites avec des séroprévalences élevées ; bovins (66,25%), ovins (68,60%) et caprins (52,53%). Quatre espèces d'hémoparasites ont été diagnostiquées chez les bovins ; *Theileria annulata* (35,37%), *Anaplasma marginale* (20,48%) *Babesia bigemina* (13,55%), et *Babesia bovis* (12,01%) ; une espèce chez les ovins et les caprins, *Anaplasma ovis* avec respectivement (68,60%) et (52,53%). Dix espèces de tiques ont été identifiées chez les bovins et quatre chez les ovins et les caprins. Les résultats de l'analyse de l'ADN des tiques ont incriminé trois espèces de tiques dans la transmission des hémoparasites aux ruminants ; *Hyalomma scupense*, *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus* et *Rhipicephalus bursa*.

L'analyse statistique a montré que les facteurs, âge ( $\phi_c = 0,62$ ) et type d'élevage ( $\phi_c = 0,60$ ) ont une influence significative sur l'infection par les hémoparasites, tandis que les facteurs origine ( $\phi_c = 0,46$ ) et sexe ( $\phi_c = 0,29$ ) ont une influence moindre. Le facteur climat ( $\phi_c = 0,06$ ) paraît ne pas avoir d'influence sur l'infection des bovins par les hémoparasites.

Cette étude a montré que les zones d'élevage des ruminants sont massivement touchées par les hémoparasitoses et leur distribution est étroitement liée à celle de leurs vecteurs et que leur statut épidémiologique reste complexe.

**Mots clés : Hémoparasitoses, Theilériose, Babésiose, Anaplasmosse, Épidémiologie, Vecteur, Tiques, Écologie, Ruminants, Maroc.**

## Summary

**Hemoparasitic diseases** (theileriosis, babesiosis, and anaplasmosis) are serious vector diseases with significant economic and medical impact in ruminant's herds. The present survey was conducted in four Moroccan breeding regions and aimed to study the epidemiology of these diseases, the ecology of their vectors; ticks (*Acari: Ixodidae*) and to propose an ecological strategy of control adapted to local breeding conditions.

A total of 2,420 animals; cattle (1040), sheep (860) and goats (520), from 96 farms were examined. The serological tests cELISA and IFAT were used to determine the seroprevalence of the diseases and the molecular tests PCR and RFLP were used to identify the main vectors. The statistical test "Phi-Cramer ( $\phi_c$ )" was used to analyse the animal infection risk factors.

Results showed that the three species of ruminants examined were vulnerable to the hemoparasites with high seroprevalences; cattle (66.25%), sheep (68.60%) and goats (52.53%). Four hemoparasite species were diagnosed in cattle; *Theileria annulata* (35.37%), *Anaplasma marginale* (20.48%), *Babesia bigemina* (13.55%), and *Babesia bovis* (12.01%), one species in sheep and goats; *Anaplasma ovis* with respectively (68.60%) and (52.53%). Ten tick species have been identified in cattle and four in sheep and goats. The results of the ticks DNA analysis have revealed the vector role of three tick species; *Hyalomma scupense*, *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus* and *Rhipicephalus bursa*.

The statistical analysis showed that factors on infection by hemoparasite, age factors ( $\phi_c = 0.62$ ) and type of farming ( $\phi_c = 0.60$ ) have a great influence, while the factors origin ( $\phi_c = 0.46$ ) and sex ( $\phi_c = 0.29$ ) have a lesser influence. The climate ( $\phi_c = 0.06$ ) factor seems not have any influence on the infection of cattle by the hemoparasite.

The present survey showed that the ruminant livestock areas are heavily affected by the hemoparasitic diseases and their distribution is closely linked to their main vectors withing complex epidemiological status remains.

**Key words:** Hemoparasitic diseases, Theileriosis, Babesiosis, Anaplasmosis, Epidemiology, Vector, Ticks, Ecology, Ruminants, Morocco.