

BURKINA FASO

.....
Unité- Progrès- Justice
.....

MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPÉRIEUR

.....
UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

.....
INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT RURAL



MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLÔME DE MASTER EN PRODUCTION ET INDUSTRIE ANIMALES

THÈME

Évaluation de la résistance des tiques *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1888) aux acaricides dans les zones d'introduction en Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso et Côte d'Ivoire)

Par :

KANDE Souleymane

Directeur de Mémoire : Pr Adrien Marie Gaston BELEM

Maître de Stage : Dr Hassane ADAKAL

N°.....2014/MaPIA

Mai 2014

BURKINA FASO

.....
Unité- Progrès- Justice
.....

MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPÉRIEUR

.....
UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

.....
INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT RURAL



MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME DE MASTER EN PRODUCTION ET INDUSTRIE ANIMALES

THÈME

Évaluation de la résistance des tiques *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1888) aux acaricides dans les zones d'introduction en Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso et Côte d'Ivoire)

Par :

KANDE Souleymane

Directeur de Mémoire : Pr Adrien Marie Gaston BELEM

Maître de Stage : Dr Hassane ADAKAL

N°.....2014/MaPIA

Mai 2014

Table des matières

	Pages
Dédicace	iv
Remerciements	v
Sigles et abréviations	vii
Liste des figures.....	viii
Liste des tableaux	viii
Liste des cartes.....	viii
Liste des annexes	viii
Liste des photos	ix
Résumé	x
Abstract.....	xi
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	3
I. Généralités sur les tiques.....	3
I.1. Systématique	3
I.2. Morphologie générale des tiques.....	4
I.2.1. Morphologie externe.....	4
I.2.1.1. Œuf	5
I.2.1.2. Larve.....	5
I.2.1.3. Nymphe	5
I.2.1.4. Femelle à jeûn	5
I.2.1.5. Mâle.....	6
I.2.2. Morphologie interne	7
I.3. Types évolutifs des tiques	8
I.3.1. Nature des hôtes.....	8
I.3.2. Localisation des tiques sur les hôtes.....	9
I.4. Pertes économiques de l'infestation par les tiques	9
I.5. Diagnose des différentes tiques rencontrées en Afrique de l'Ouest.....	11
I.6. Aperçu sur <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	13
I.6.1. Importance	13
I.6.2. Spécificité de l'hôte	14
I.6.3. Répartition géographique	14

I.6.4. Cycle de vie	15
I.6.5. Diagnostic différentiel	16
I.7. Méthodes de lutte contre les tiques	17
I.7.1. Méthode écologique	17
I.7.2. Méthode biologique	18
I.7.3. Méthode traditionnelle.....	19
I.7.4. Méthode chimique	20
I.7.5. Lutte par piège et sélection de races animales résistantes aux tiques.....	20
II. Généralités sur la résistance des tiques aux acaricides	21
II.1. Historique des classes de composés acaricides	21
II.1.1. Arsenicaux.....	21
II.1.2. Organochlorés	21
II.1.3. Organophosphorés et carbamates.....	22
II.1.4. Amidines	22
II.1.5. Pyréthrénoïdes de synthèse	22
II.1.6. Lactones macrocycliques	23
II.1.7. Phénylpyrazoles	23
II.1.8. Régulateurs de croissance	23
II.1.9. Spinosynes.....	24
II.2. Concept de la résistance des tiques aux acaricides	24
II.3. Tests biologiques.....	25
II.3.1. Larval Packet Test (LPT)	26
II.3.2. Adult Immersion Test (AIT)	26
II.3.3. Larval Immersion Test (LIT)	27
II.3.4. Larval Tarsal Test (LTT).....	27
II.4. Notion de dose discriminante.....	27
Chapitre II : Matériel et méthodes	29
I. Matériel	29
I.1. Site de l'étude.....	29
I.2. Matériel biologique	30
I.3. Matériel de laboratoire	30
II. Méthodes.....	31
II.1. Récolte des tiques femelles gorgées.....	31
II.2. Infestation des animaux par les larves de tiques	31

II.3. Préparation des tiques à la ponte et élevage.....	33
II.4. Diagnostic de la résistance des tiques aux acaricides	33
II.4. 1. Méthode du Larval Packet Test (LPT).....	33
II.4.1.1. Dilution	33
II.4.1.2. Paquetage et contrôle de la mortalité	35
II.4.2. Méthode de la Dose discriminante (DD).....	37
II.5. Analyse des données	38
Chapitre III : Résultats et discussion	40
I. Résultats	40
I.1. Méthode du Larval Packet Test (LPT).....	40
I.1.1. Deltaméthrine	40
I.1.2. Alphacyperméthrine	41
I.1.3. Cyperméthrine	42
I.1.4. Amitraz	43
I.1.5. Chlorpyriphos	44
I.1.6. Mortalité des tiques <i>R. microplus</i> aux différentes doses discriminantes.....	45
I.2. Méthode de la Dose Discriminante (DD).....	46
II. Discussion	47
II.1. Méthode du Larval Packet Test (LPT).....	47
II.2. Méthode de la Dose Discriminante (DD).....	50
Conclusion et perspectives	52
Références bibliographiques.....	54
Annexes	a

Dédicace

À MON PÈRE, Lassina KANDÉ

Pour les nombreux sacrifices qu'il
s'est imposés pour mon éducation,
pour les soins et l'amour dont il
m'a entourés,
En Témoignage de Mon Immense Affection !

À MA MÈRE, Nadoussou FONGBÉ

Que la paix soit à son âme,
La douleur n'est pas facile à digérer mais ses conseils restent la clé de la réussite
de ma vie !

AU DOCTEUR, Idrissa KONÉ

Pour tous les efforts qu'il a
consentis pour ma formation à l'IDR,
Hommage respectueux et gratitude profonde !

Remerciements

Je remercie grandement le Pr SOMDA Irénée, Directeur de l'Institut du Développement Rural (IDR)/Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), qui ne cesse d'œuvrer pour le bonheur de ses étudiants.

Je remercie très sincèrement le Pr Valentine C. YAPI-GNAORE, Directrice Générale du CIRDES, pour m'avoir fait confiance et accepté dans sa structure pour ce stage de Master.

Je remercie grandement le Pr BELEM Adrien Marie Gaston, Enseignant-chercheur à l'Institut du Développement Rural (IDR), qui en qualité de notre Directeur de mémoire, pour n'avoir ménagé aucun effort pour l'encadrement de ce travail et ce, malgré ses multiples occupations. Nous le remercions pour sa rigueur dans l'encadrement scientifique et sa disponibilité.

Je remercie vivement le Dr ADAKAL Hassane, Coordonnateur du Projet WECATiC et Chef d'unité URBIO/CIRDES, sous l'aile de qui, j'ai appris à connaître *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, puis m'intéresser à l'aspect résistance de ces populations de tiques aux acaricides. L'accomplissement de ces années d'apprentissage, qui aboutit à ce Master, est le résultat de la confiance que tu m'as témoignée. Plus qu'un maître, aujourd'hui j'apprécie beaucoup l'ami qui, sans détour, sait remettre sur le droit chemin mes idées égarées. J'espère avoir été à la hauteur de tes attentes, en particulier, celle de « maintenir en vie » au CIRDES, les activités de la section « tiques et maladies transmises ». En vérité, ta disponibilité et tes conseils ont fort utilement orienté ce travail et m'ont favorisé ainsi un climat franc d'apprentissage.

Je remercie le Dr Zakaria BENGALY, Directeur Scientifique du CIRDES, pour son soutien et sa grande disponibilité à l'endroit de tous les étudiants stagiaires du CIRDES.

J'adresse mes sincères remerciements au Dr DAYO Charles (Chercheur au CIRDES/URBIO), Dr YAO Kouassi Patrick (Enseignant-chercheur à l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody/Abidjan), Dr Fabrice COURTIN (Chercheur au CIRDES/URBIO-IRD) et Dr Michel HAVARD (Chercheur au CIRDES/URPAN-CIRAD) pour leur grande disponibilité, leurs différents conseils et encouragements à mon endroit.

Les résultats obtenus durant ce stage de Master n'auraient jamais vu le jour sans l'aide technique de Sébastien ZOUNGRANA. Je vous en suis très reconnaissant.

Je remercie le Dr TOURE Alassane, chercheur dans la section « tiques et maladies transmises » au CIRDES, pour ses conseils et son appui.

Je remercie tout le corps enseignant, administratif et technique de l'IDR et plus particulièrement Monsieur Drissa LEMA, ex-CSAF de l'IDR pour son encouragement et ses conseils.

Je remercie également tout le personnel du CIRDES sans exception. Chacun y est allé de son « ça va aller » pour me donner le tonus suffisant pour arriver à cette fin.

Je remercie mes aînés de l'IDR et du CIRDES pour l'aide qu'ils m'ont apportée. Ce sont en l'occurrence PAGABELEGUEM Soumaïla, SOMDA Bienvenu, BIGUEZOTON Abel, SALOU Ernest, SERE Modou, DELMA Jethro et KIENDREBEOGO Diane.

Je remercie mes frères et sœurs, mes parents qui m'ont toujours fait confiance et m'ont encouragé. En témoignage de mon immense affection.

Je remercie GNINASSE Dramane (chauffeur du Projet WECATiC) et ZOUH Bi Faustin (Doctorant à l'Université Nangui-Abrogoua en séjour pour ses travaux de laboratoire au CIRDES) pour leur grande sympathie et encouragement.

Je remercie tous mes camarades étudiants stagiaires en Master au CIRDES (ZONGO André, SANOU Djénèba, SIB Ollo, EBY Honorine, YEO Issa, KONFE Aruna, TRAORE Ibrahima, BARRO Awa et ATTIOU Clément) sans oublier TOURE Mamadou et BADOLO Honorine, tous deux stagiaires en Master dans la section « tiques et maladies transmises ». Mes remerciements vont également à l'endroit de l'ensemble des étudiants de ma promotion à l'IDR, en particulier NANA Boukary, TEBLE Nadjiadjim Wolwaï, TRAORE Karim, COULIBALY Yaya et IRA Mamadou, ainsi que tous ceux qui de loin ou de près, m'ont apporté quelque soutien d'une manière ou d'une autre que ce soit, qu'ils retrouvent dans ces mots toute l'expression de ma gratitude.

Les travaux de ce stage de master ont été financés par le projet WECATiC.

Sigles et abréviations

AIT : Adult Immersion Test

CIRDES : Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide

CSIRO : Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization

DDT : dichlorodiphényltrichloroéthane

DL : dose létale

FAO : Food and Agriculture Organization

HCH : hexachlorocyclohexane

ICCTD : International Conference on Computer Technology and Development

IDR : Institut du Développement Rural

LIT : Larval Immersion Test

LM : lactone macrocyclique

LPT : Larval Packet Test

LTT : Larval Tarsal Test

OC : organochloré

OIE : Office International des Épizooties

OP : organophosphoré

PCR : Polymerase Chain Reaction

PS : pyréthrénoïde de synthèse

RR : ratio de résistance

URBIO : Unité de Recherche sur les bases Biologiques de la lutte Intégrée

Liste des figures

Figure 1 : (A) Vue microscopique de dos et (B) de face ventrale de la femelle <i>R. microplus</i>	6
Figure 2 : (A) Vue microscopique de dos et (B) de face ventrale du mâle <i>R. microplus</i>	7
Figure 3 : Caractéristiques de la tique du genre <i>Amblyomma</i>	11
Figure 4 : Caractéristiques de la tique du genre <i>Hyalomma</i>	12
Figure 5 : Caractéristiques de la tique du genre <i>Rhipicephalus</i>	12
Figure 6 : Caractéristiques de la tique du genre <i>Boophilus</i>	13
Figure 7 : Cycle de vie de la tique <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	16
Figure 8 : Caractéristiques morphologiques de <i>R. (Boophilus) microplus</i>	17

Liste des tableaux

Tableau I : Différentes séries de dilution appliquées aux cinq (5) acaricides purs	36
Tableau II : Différentes séries de dilution appliquées aux cinq (5) acaricides commerciaux.....	38
Tableau III : Résultats de diagnostic de la résistance des tiques <i>R. microplus</i> à la deltaméthrine	41
Tableau IV: Résultats de diagnostic de la résistance des tiques <i>R. microplus</i> à l'alphacyperméthrine.....	42
Tableau V : Résultats de diagnostic de la résistance des tiques <i>R. microplus</i> à la cyperméthrine	43
Tableau VI : Résultats de diagnostic de la résistance des tiques <i>R. microplus</i> à l'amitraz	44
Tableau VII : Résultats de diagnostic de la résistance des tiques <i>R. microplus</i> au chlorpyrifos.....	45
Tableau VIII : Mortalité des tiques <i>R. microplus</i> en fonction des doses discriminantes.....	46
Tableau IX : Statut de résistance des tiques <i>R. (Boophilus) microplus</i> Azaguié aux molécules acaricides en fonction de leurs doses discriminantes.....	47

Liste des cartes

Carte 1 : Répartition de <i>R. (Boophilus) microplus</i> avant et après 2011 en Afrique	15
Carte 2 : Zones de mise en évidence de la tique <i>R. microplus</i> en Afrique de l'Ouest.....	30

Liste des annexes

Annexe 1 : Infestation du bovin n° 847 (134 kg) par l'échantillon de terrain Kimini à l'étable du CIRDES	a
Annexe 2 : Infestation du bovin n°860 (122 kg) par l'échantillon de terrain Kpinnou à l'étable du CIRDES	b
Annexe 3 : Infestation du bovin n° 868 (159 kg) par l'échantillon de terrain Azaguié à l'étable du CIRDES	c
Annexe 4 : Solvant (huile d'olive et trichloréthylène) et contrôle de l'éclosion des œufs à la loupe binoculaire	d
Annexe 5 : Préparation des tiques au paquetage et tiques paquetées.....	e
Annexe 6 : Fiche de relevé pour le contrôle de mortalité des tiques <i>R. microplus</i> au laboratoire de diagnostic de résistance du CIRDES	f
Annexe 7 : Courbes de dose-réponse de l'échantillon de terrain Kimini, Kpinnou et Azaguié en comparaison avec la souche de référence sensible Houndé.....	g
Annexe 8 : Différentes doses discriminantes disponibles référencées.....	h

Liste des photos

Photo 1 : (A) Génisse de race zébu à l'étable du CIRDES, (B) larves de tiques et (C) tique femelle gorgée <i>R. (Boophilus) microplus</i>	30
Photo 2 : (A) Loupe binoculaire, (B) blocs de polystyrène et (C) pinces.....	31
Photo 3 : (A) Pesée des bovins et (B) leur infestation par les larves de tiques à l'étable du CIRDES .	32
Photo 4 : (A) Récolte de tiques femelles gorgées dans la bouse et (B) tubes refermés avec un couvercle perforé et un filet avec des mailles fines	32
Photo 5 : (A) Pesée des œufs de tiques et (B) conservation des œufs à l'étuve au laboratoire d'élevage	33
Photo 6 : Dilution d'acaricide au laboratoire de diagnostic de résistance du CIRDES	34
Photo 7 : Mode d'imprégnation des papiers whatman au laboratoire de diagnostic de résistance	34
Photo 8 : (A) Paquetage et (B) contrôle de la mortalité des larves.....	36

Résumé

Notre travail avait pour objectif de connaître la situation de la résistance de la tique *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* aux acaricides dans les zones d'introduction de cette espèce de tique en Afrique de l'ouest à savoir : Kpinnou (Bénin), Kimini (Burkina Faso) et Azaguié (Côte d'Ivoire). Ainsi, la méthode de référence LPT (Larval Packet Test) standardisée par la FAO et celle de dose discriminante (DD) ont respectivement été utilisées pour évaluer le niveau de résistance-sensibilité de cette tique à cinq (5) molécules acaricides : deltaméthrine, cyperméthrine, alphacyperméthrine, chlorpyrifos et amitraz sur les échantillons de terrain Azaguié, Kimini et Kpinnou et à cinq (5) molécules acaricides issues d'acaricides commerciaux (fluméthrine 1 %, deltaméthrine 1 %, chlorpyrifos 48 %, amitraz 12,5 % et fipronil 1 %) sur l'échantillon de terrain Azaguié. La méthode de LPT a permis d'obtenir des courbes de dose-réponse à partir desquelles les doses létales (DL) induisant 50 ou 90 % de mortalité des trois échantillons de terrain ont été calculées et comparées à la souche de référence sensible Houndé 2005 pour obtenir les ratios de résistance 50 ou 90. Ainsi, cette méthode de référence a permis d'obtenir des ratios de résistance (RR_{50}) allant de 11,38 à 87,68 (IC 95 %) et les ratios de résistance (RR_{90}) allant de 20,97 à 256,85 (IC 95 %). Le niveau de résistance des tiques aux cinq (5) molécules acaricides a été très élevé avec des $RR > 10$. C'est au niveau de la deltaméthrine que le plus haut niveau de résistance a été enregistré avec $RR_{50} = 87,68$ et $RR_{90} = 256,85$; et au niveau de l'amitraz, le plus faible niveau de résistance avec $RR_{50} = 11,38$ et $RR_{90} = 20,97$. Quant à la seconde méthode, celle de la dose discriminante (DD), elle a seulement permis de détecter très rapidement dans l'échantillon de terrain Azaguié, la résistance de cet échantillon de tiques à deux molécules acaricides : la fluméthrine et à la deltaméthrine. En effet, les taux de mortalité étaient inférieurs à 100 % à la dose discriminante (DD) de ces différents produits acaricides. Par contre, la sensibilité a été enregistrée au niveau de l'amitraz, du fipronil et du chlorpyrifos, et cela avec des taux de mortalité égaux à 100 % à la dose discriminante (DD) de ces différentes molécules acaricides. Ces résultats confortent la perception d'échecs de traitements rapportés par les éleveurs et montrent la nécessité de rechercher des solutions de luttes idoines pour une meilleure gestion de la résistance des tiques aux acaricides.

Mots clés : *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, résistance, acaricides, Larval Packet Test (LPT), dose discriminante (DD), Burkina, Bénin, Côte d'Ivoire

Abstract

Our work was aimed to know the situation of the resistance of the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to acaricides in the introduction of this tick species in West Africa namely zones : Kpinnou (Benin), Kimini (Burkina Faso) and Azaguié (Côte d'Ivoire). Thus, the reference method LPT (Larval Packet Test) standardized by FAO and the discriminating dose (DD) method were respectively used to evaluate the level of resistance-susceptibility of this tick to five (5) acaricide molecules : deltamethrin, cypermethrin, alphacypermethrin, chlorpyrifos and amitraz on field samples Azaguié, Kimini and Kpinnou and five (5) molecules coming from commercial acaricides (flumethrin 1 %, deltamethrin 1 %, chlorpyrifos 48 %, amitraz 12.5 % and fipronil 1 %) on the field sample Azaguié. The method of LPT allowed to obtain dose-response curves from which the lethal doses (LD) inducing 50 or 90 % mortality of the three field samples were calculated and compared to the reference strain susceptible Houndé 2005 in order to bring out resistance ratios (RR_{50} or RR_{90}). Thus, this reference method allowed to obtain resistance ratios (RR_{50}) values from 11.38 to 87.68 (95 % CI) and resistance ratios (RR_{90}) values from 20.97 to 256.85 (95 % CI). The level of resistance of ticks to five (5) acaricide molecules was very high with $RR > 10$. It is in deltamethrin as the highest level of resistance was recorded with RR_{50} and $RR_{90} = 87.68 = 256.85$; and amitraz at the lowest level of resistance with RR_{50} and $RR_{90} = 11.38 = 20.97$. As for the second method, that of the discriminating dose (DD), it only possible to detect very quickly in the field sample Azaguié, the resistance of this sample of ticks to two (2) acaricides molecules : flumethrin and deltamethrin. Indeed, mortality rates were less than 100 % to the discriminating dose (DD) of these different acaricides. On the other hand, the susceptibility was recorded at the level of amitraz, fipronil and chlorpyrifos, and that with mortality rates equal 100 % to the discriminating dose (DD) of these different acaricides. These results consolidate the perception of failure in the treatments reported by breeders and show the need to seek solutions of struggling against those ticks for a better management of tick resistance to acaricides.

Key words : *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, resistance, acaricides, Larval Packet Test, discriminating dose (DD), Burkina Faso, Benin, Côte d'Ivoire

Introduction

Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Canestrini, 1888) est une tique des bovins dont le cycle de développement est monoxène. Elle est présente dans les zones tropicales et subtropicales où elle constitue l'un des obstacles majeurs au développement de l'élevage et à l'amélioration des productions animales par les dommages et les maladies dont elles sont les sources. Cette tique est l'un des principaux parasites des bovins. Elle provoque non seulement une réduction du gain de poids, de la qualité de viande et de la production de veaux et du lait, mais aussi a la capacité de transmettre des agents pathogènes (Alonso *et al.*, 1992, Peter *et al.*, 2005). Au Brésil, par exemple, les pertes dues à son impact direct et indirect ont été estimées à deux milliards de dollars US en 2000 (Lovis, 2012). Cette tique du bétail est originaire de l'Inde et de l'Indonésie et s'est avérée particulièrement invasive en de nombreuses zones tropicales et subtropicales (Barré et Uilenberg, 2010). Historiquement, elle a été introduite en Afrique de l'Est et du Sud à partir de l'Asie du Sud en passant par Madagascar après le foyer de peste bovine de 1896 (Hoogstraal, 1956). En Afrique de l'Ouest, c'est dans les années 2007 qu'elle a été découverte pour la première fois en Côte d'Ivoire via des importations de bovins sur pied du Brésil (Madder *et al.*, 2012, Madder *et al.*, 2007) puis au Bénin et plus récemment au Burkina Faso, au Mali et au Togo (Adakal *et al.*, 2013).

Depuis son introduction, les éleveurs se plaignent de fortes infestations de leurs animaux par cette tique qui semble résister à tous les produits chimiques dont ils disposent sur le marché (Sanou, 2012). Ceci constitue une menace sérieuse pour l'élevage en Afrique de l'Ouest en raison du caractère invasif de cette tique et surtout de sa capacité à entrer en compétition et à s'établir au détriment des autres espèces autochtones de tiques comme *R. (Boophilus) annulatus*, *R. (Boophilus) geigy* ou *R. (Boophilus) decoloratus* (Madder, 2010).

Dans le souci d'évaluer la situation, le projet WECATiC a été mis en place pour mesurer l'impact potentiel et les risques liés à l'introduction de la tique *R. microplus* en Afrique de l'Ouest en relation avec une possible augmentation de la virulence des babésioses et des anaplasmoses dans les élevages bovins. De plus, ce projet cherche à mettre en place des méthodes efficaces d'application des acaricides tout en évaluant aussi bien la qualité des produits vendus sur le marché que le niveau de résistance-sensibilité des tiques à ces produits. C'est en ce sens qu'il nous a été soumis, le thème intitulé « Évaluation de la résistance des tiques *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* aux acaricides dans les zones d'introduction en Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso et Côte d'Ivoire) pour étude. Ce thème concerne le

deuxième objectif visé par le projet et permet de connaître le niveau de résistance-sensibilité de la tique *R. microplus* aux acaricides. À une échelle globale, ce suivi de la résistance permettra d'observer l'évolution de la résistance afin d'essayer de ralentir son développement et d'allonger la durée d'utilisation des composés acaricides.

L'objectif global de cette étude était de mettre en place des méthodes efficaces d'application d'acaricides pour une meilleure gestion de la résistance des tiques *R. microplus* aux acaricides. De façon spécifique, il était question d'évaluer le niveau de résistance-sensibilité de *R. microplus* aux acaricides. L'hypothèse en lien avec cet objectif spécifique était que la résistance de la tique *R. microplus* est à la base de l'échec des traitements acaricides.

Ce présent travail s'articule autour de trois grands axes à savoir une partie synthèse bibliographique ; une partie matériel et méthodes ; et une partie résultats et discussion.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les tiques

Les tiques sont des ectoparasites hématophages de plusieurs vertébrés. Elles ont ainsi un impact sévère sur la santé et les productions animales du fait de leur action directe sur les animaux parasités : spoliation sanguine, lésions cutanées, action toxique, mais surtout du fait de leur rôle comme vecteurs de nombreux agents pathogènes comme des protozoaires, des rickettsies, des bactéries et des virus, responsables de maladies graves chez les animaux. Elles vivent dans un environnement où leur cycle de développement est influencé par la végétation, les conditions climatiques et les relations qu'elles entretiennent avec les autres êtres vivants, animaux parasites et microorganismes. L'ensemble de ces éléments forme un écosystème particulier. Ainsi toute modification dans le temps et dans l'espace d'un des éléments de l'écosystème influe à des degrés variables sur leur vie, voire leur survie. Les tiques dures passent plus de 90 % de leur vie sans être parasites des animaux. Elles sont le plus souvent exophiles vivant dans les biotopes ouverts tels que les forêts, les pâturages, les savanes, les prairies et les steppes (Parola *et al.*, 2001).

I.1. Systématique

La classification des tiques a varié au fil du temps en fonction des diverses découvertes. Des modifications ont été périodiquement apportées par différents auteurs. La subdivision au niveau des taxons ne fait pas l'unanimité auprès des acarologues. Ici, nous adhérons à la taxonomie moderne de Barré (1989).

Embranchement : Arthropoda (Siebold et Stannus, 1845)

Classe : Arachnida (Cuvier, 1812)

Sous-classe : Acarina (Nitzsch, 1818)

Super-ordre : Anactinotrichida (Van Der Hammen, 1968)

Ordre : Ixodida (Van Der Hammen, 1968)

Sous-ordre : Argasina (Van Der Hammen, 1968)

Super-famille : Argasoidae (Schulze, 1937)

Famille : Argasidae (Murray, 1977)

Cette famille contient 18 genres dont : *Alectorobius* (Pocock, 1907), *Argas* (Latreille, 1896).

Super-famille : Nuttalielloidea

Famille : Nuttaliellidae (Schulze, 1935)

Cette famille contient un seul genre mono spécifique.

Sous-ordre : Ixodina (Van Der Hammen, 1968)

Super-famille : Ixodoïdea (Schulze, 1937)

Famille : Ixodidea (Schulze, 1937)

La famille des Ixodidea compte environ 26 genres et 415 espèces. Les principaux genres parasites du bétail domestique en Afrique sont *Amblyomma* (Koch, 1944), *Hyalomma* (Koch, 1944), *Rhipicephalus* (Koch, 1944) et *Boophilus* (Curtice, 1891).

Seules les Amblyommidae parasitent le bétail en Afrique occidentale (Morel, 1969). C'est dans cette famille que l'on trouve le genre *Boophilus*, un sous-genre du genre *Rhipicephalus* selon Ivan *et al.* (2002), l'objet de notre étude.

I.2. Morphologie générale des tiques

La sous-classe des Acariens se distingue des autres arachnides par les éléments suivants (Morel, 1981) :

- corps globuleux, sans limite entre les parties antérieure et postérieure, mais différenciation d'un capitulum antérieur et terminal d'avec le reste du corps ;
- absence de poumons ;
- six paires d'appendices chez l'adulte et la nymphe: chélicères, palpes et quatre paires d'appendices locomoteurs.

Les tiques se distinguent des autres acariens par leur morphologie et leur biologie :

- présence d'un rostre ou hypostome provenant de la réunion de deux pièces systématiques ;
- grande taille par rapport aux Acariens en général (adulte à jeun 1,5 à 15 mm) ;
- cuticule souple, surtout chez les femelles, qui peut s'étendre et s'accroître en surface et en épaisseur lors de la réplétion.

L'ensemble des tiques peut être réuni en deux familles: les Ixodidés et les Argasidés. À chacune correspond un type morphologique général.

I.2.1. Morphologie externe

Le cycle de développement des tiques comprend en général une larve, une nymphe, les adultes mâle et femelle qui s'accouplent, et la femelle donne des œufs après fécondation.

I.2.1.1. Œuf

Chez les Amblyommidae, la ponte de l'œuf se fait chez toutes les espèces au sol après l'accouplement qui a lieu sur l'hôte. Habituellement, la femelle pond en des endroits abrités (sous une pierre, dans la litière végétale, dans les crevasses du sol). Le nombre d'œufs varie avec l'espèce, sa taille et l'importance du repas. Ce nombre se situe entre 1000 et 12000 œufs (Keïta, 2007). Le temps d'incubation varie aussi avec l'espèce et la température ambiante. Un défaut d'humidité ou une variation brusque de température peut nuire aux œufs. Lorsque la température est basse, les œufs sont au repos. En général, ce temps dure de 20 à 50 jours (Olivier, 1989) et l'œuf éclot puis donne la larve.

I.2.1.2. Larve

La larve ressemble à la nymphe, mais de taille encore plus petite (0,5 à 1 mm à jeûn). Sa particularité est qu'elle ne possède que trois paires de pattes (Ouédraogo, 1999). À l'éclosion, elle est gonflée et molle, elle durcit en quelques jours et se met activement à la recherche d'un hôte, pratiquant soit l'affût sur une herbe ou soit la recherche active par déplacement. Une fois que l'hôte est trouvé, son repas dure 3 à 12 jours suivant l'espèce et les conditions climatiques. Elle augmente considérablement de volume. Le repas terminé, elle tombe au sol, cherche un abri et y effectue sa pupaison (métamorphose complète), qui durera 2 à 8 semaines suivant les conditions atmosphériques. Il en sort une nymphe (Keïta, 2007).

I.2.1.3. Nymphe

Elle ressemble à la femelle, sauf qu'elle est de petite taille (1 à 2,5 mm). Elle est dépourvue de pore génital et d'aires poreuses. À l'instar de la larve, la nymphe met quelques jours à durcir ; dès lors ses activités sont semblables au stade précédent pour ce qui est des déplacements, de l'hôte et de la durée du repas. Par la suite, elle subit une deuxième métamorphose au sol pour donner la tique adulte (Keïta, 2007).

I.2.1.4. Femelle à jeûn

Elle possède un capitulum antérieur et terminal. Ce dernier présente une base cylindrique ou polyédrique très sclérifiée. Dorsalement, il a une forme variable (triangulaire, rectangulaire, trapézoïdale, pentagonale ou hexagonale) ; sur celui-ci sont fixées les pièces suivantes : un hypostome central qui est l'organe piqueur. Cet organe est muni de rangées longitudinales de denticules rétrogrades dont le nombre a une importance dans la systématique des *Boophilus* ; des chélicères au nombre de deux avec une pièce interne fixe et un doigt externe mobile servant à inciser le tégument et à permettre la pénétration de l'hypostome ; une paire de

palpes latéraux (les pédipalpes) à quatre éléments séparés mais non articulés, mobile à leur base à terminaison sensorielle tactile.

En vue dorsale, la tique présente un scutum, partie dure fortement sclérifiée de forme variable ; le reste du tégument dorsal comporte des sillons longitudinaux et des rides transversales facilitant l'extension. Postérieurement, les plis dessinent des festons. Les ocelles lorsqu'elles sont présentes, se trouvent sur le bord du scutum. La femelle est porteuse d'aires poreuses, sécrétrices d'un liquide humidificateur des œufs pour éviter la dessiccation.

Sur la face ventrale, se trouvent: quatre paires de hanches (coxae) où s'insèrent les pattes terminées par une ventouse et deux griffes ; deux plaques stigmatiques, disposées latéralement dans l'alignement des hanches ; un pore génital ou gonopore entre les hanches ; un anus ou uropore situé postérieurement et limité par un sillon anal ; des sillons longitudinaux sur l'ensemble du tégument qui est souple (Ouédraogo, 1999).

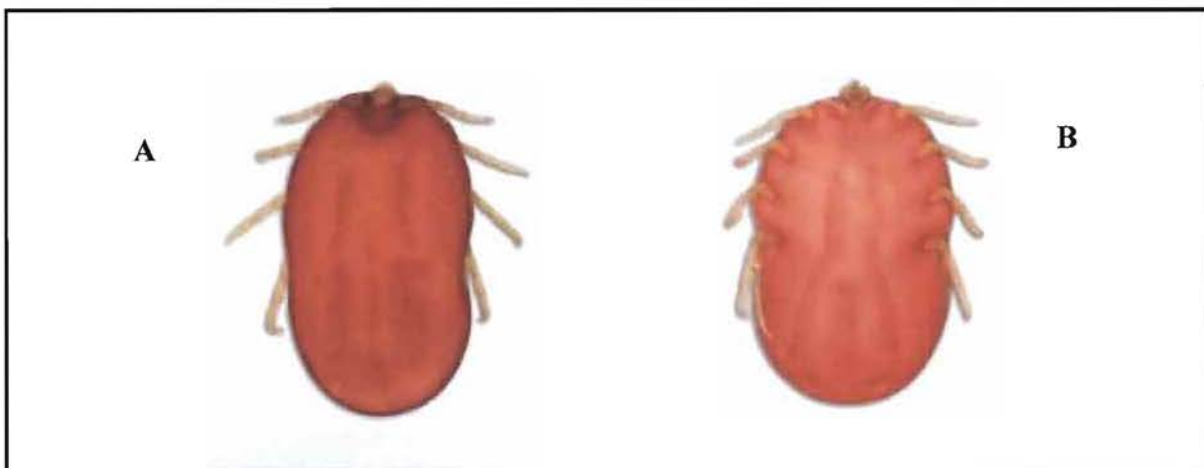


Figure 1 : (A) Vue microscopique de dos et (B) de face ventrale de la femelle *R. microplus*
(Cliché Maxime Madder, Institut de médecine tropicale d'Anvers, Belgique)

I.2.1.5. Mâle

Le mâle se distingue de la femelle sur plusieurs aspects :

- par sa structure : toute la face dorsale est recouverte d'un scutum épais et rigide qui peut être porteur de ponctuations. Cela peut expliquer pourquoi le mâle change peu de volume au cours de son repas de sang. Le tégument ventral présente parfois des épaissements en plaques paires ;

- par sa proportion, surtout au niveau du scutum : il ne possède pas d'aires poreuses. Le dimorphisme sexuel est poussé et est en faveur de la femelle (Ouédraogo, 1999).

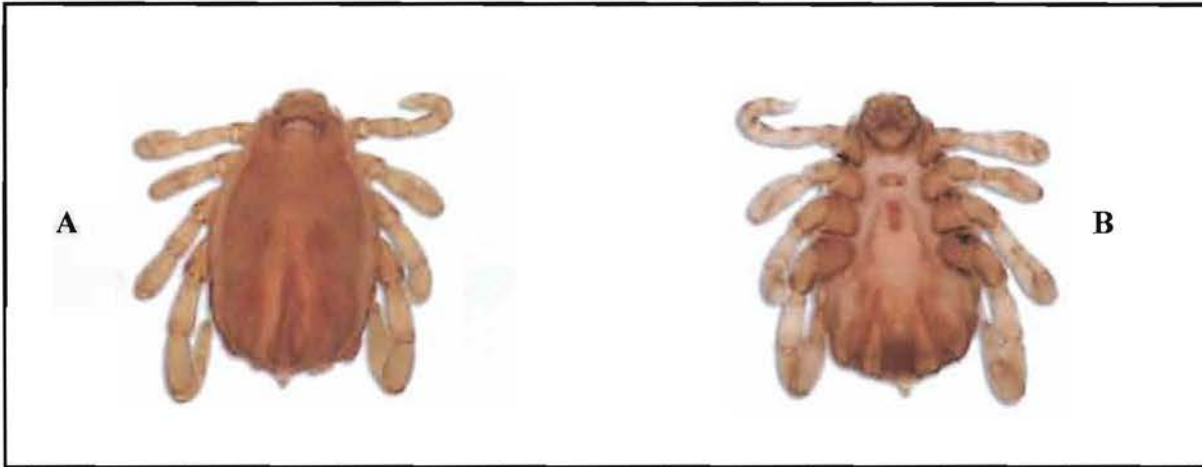


Figure 2 : (A) Vue microscopique de dos et (B) de face ventrale du mâle *R. microplus*
(Cliché Maxime Madder, Institut de médecine tropicale d'Anvers, Belgique)

1.2.2. Morphologie interne

Le tube digestif comprend un pharynx, un œsophage et un estomac central. L'estomac est lié à l'uropore. Les glandes salivaires sont constituées par des acini de plusieurs types. Elles secrètent un liquide qui se solidifie assez rapidement et constituent avec l'hypostome et les chélicères, le système de fixation de la tique sur son hôte. La salive est constituée d'enzymes, de substances toxiques, histamine et anticoagulants. Les glandes salivaires représentent le micro-habitat des protozoaires transmis aux animaux par la tique. L'urine est excrétée sous forme de sphérules blanches, par deux tubes de Malpighi se réunissant au niveau du sac rectal s'ouvrant dans le rectum. Ce dernier débouche à l'uropore. L'excrétion s'effectue par l'intermédiaire de trachées débouchant au niveau des stigmates positionnés postérieurement à la 4^{ème} paire de coxa. Paires à l'origine, les glandes se réunissent en un massif unique dans la partie postérieure du corps. C'est de ce niveau que partent les canaux d'élimination se réunissant antérieurement avant de déboucher en un conduit unique par le gonopore. L'appareil circulatoire est constitué par un cœur dorsal pulsatile allongé. Le système nerveux est constitué par un ganglion céphalique traversé par l'œsophage (Ouédraogo, 1999). Après un temps de durcissement et de repos, ils se mettent à la recherche d'un troisième hôte. La durée du repas sanguin est plus longue. L'accouplement a lieu pendant le repas, parfois au niveau du sol mais le plus souvent sur l'hôte. La femelle fécondée et gorgée se détache et

pond. Le mâle reste longtemps sur l'hôte après la chute de la femelle pour en féconder d'autres et peut être transporté d'une région à l'autre lors des transhumances (Keïta, 2007).

I.3. Types évolutifs des tiques

Les types évolutifs des tiques sont classés selon la nomenclature de Morel (1969). Ces types évolutifs sont variables et sont fonction du genre, de l'espèce et des conditions environnementales. On insistera surtout sur la nature des relations hôte-parasite et hôte-milieu. Ainsi, distingue-t-on :

- le cycle triphasique ou trixène, c'est l'exemple typique, cité ci-dessus avec l'existence de hôtes différents pour chaque stade, caractéristique des Amblyomidae et illustré par *Amblyomma variegatum*. C'est le plus primitif dans lequel la recherche de l'hôte par les tiques intervient par trois fois pour accomplir trois repas de sang séparés de temps libres, plus ou moins longs ;

- certaines tiques par contre ont évolué dans le sens d'une réduction des phases, par suppression de la nécessité de chute au sol pour effectuer la pupaison larvaire ou diminuer le risque de destruction dans le milieu extérieur. On distingue à cet effet: le cycle diphasique ou dixène où les trois stades du parasite évoluent sur deux hôtes individuellement différents ; la larve et la nymphe se gorgent sur un même animal et l'adulte sur un autre. C'est le cas de *Rhipicephalus* et *Hyalomma* ;

- le cycle monophasique ou monoxène, où les trois phases parasitaires s'effectuent sur un même hôte. C'est le cas de *Boophilus* et de certains genre comme *Hyalomma*, *Margaropus*, *Anocentor* (Morel, 1981). Le cycle monoxène est le type le plus évolué dans le cycle de vie des espèces d'Ixodidea. Cette adaptation présente un avantage pour la tique car elle lui permet de minimiser les risques liés à la recherche d'hôte pour la continuité de son cycle, mais aussi de fuir les dures conditions du milieu (Ouédraogo, 1999).

I.3.1. Nature des hôtes

La durée des phases libres est importante chez les tiques mais les déplacements de celles-ci étant limités, la rencontre de la tique et d'un hôte dépend du hasard et les chances de rencontre sont fonction de l'écologie du parasite à un stade donné et du comportement des hôtes disponibles dans le microclimat. En ce qui concerne le choix de l'hôte, certains parasites font preuve d'une grande spécificité et d'autres beaucoup moins. Suivant la similitude ou la différence des tropismes manifestés par les tiques à leurs divers stades, on peut distinguer trois types de tiques (Chartier *et al.*, 2000) :

- les tiques monotropes : la larve, la nymphe et l'adulte recherchent le même type d'hôte (exemple : *Rhipicephalus bursa*, *R. evertsi*, *Hyalomma anatolicum*, *H. detritum*). *Boophilus* est l'aboutissement de ce type évolutif ;

- les tiques ditropes concernent surtout les immatures qui se gorgent sur les petits mammifères, les oiseaux et les reptiles alors que les adultes ne se retrouvent que sur les grands mammifères. La plupart des espèces dans les genres *Rhipicephalus*, *Dermacentor*, *Hyalomma* doivent être recherchées aux stades préimaginales sur les rongeurs ou dans leurs terriers ;

- les tiques télotropes caractérisent aussi bien les immatures qui se gorgent sur tous les vertébrés terrestres disponibles que les adultes qui infestent les grands mammifères (*A. variegatum* ; *R. appendiculatus*).

Il n'y a pas de tiques du bétail à proprement parler, même si le bétail peut constituer à l'heure actuelle les seuls hôtes pratiquement disponibles pour les tiques (Aeschlimann, 1967). Cependant, il y a sur le bétail des tiques caractéristiques des zones biogéographiques locales associées à la faune sauvage en place.

I.3.2. Localisation des tiques sur les hôtes

La localisation sur l'hôte est orientée par la recherche par la tique de la région du corps facilitant la pénétration de l'hypostome. Ainsi les espèces à rostre court (brévirostres) se fixent généralement sur la tête (intérieur du cornet auriculaire, chignon) et sur l'encolure, sur les marges de l'anus, au toupillon. Ce sont : *Rhipicephalus*, *Haemaphysalis*, *Dermacentor*. Les espèces à longs rostres (longirostres) se fixent sur les parties déclives où la peau est plus épaisse (fanon, ars, ventre, aine, mamelle, testicules, périnée, marges de l'anus). Les tiques de petites tailles (*Boophilus* à tous les stades, larves et nymphes d'*Amblyomma*) n'ont pas de préférences marquées et peuvent se trouver sur toute la surface du corps (Morel, 1981).

I.4. Pertes économiques de l'infestation par les tiques

Comme les autres tiques, les pertes dues à la tique *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* sont diverses. Cependant, elles peuvent être comptées d'abord en pertes dues à l'infestation de la tique elle-même, ensuite les pertes consécutives aux maladies transmises et enfin le coût de la lutte menée contre les parasites, en ce sens que certains dispositifs de lutte qui avaient été mis en place contre les tiques demeuraient plus onéreux que les pertes engendrées (Young *et al.*, 1988). À la suite de ces observations, des études ont été entreprises afin de déterminer plus précisément l'impact économique réel de l'infestation par les tiques et de mieux cibler les

moyens de lutte à mettre en œuvre. Les pertes de poids sont les dommages les plus faciles à mettre en évidence. Ces pertes réduisent le poids carcasse de l'animal. La différence de croissance constatée entre groupe d'animaux détiqués ou non, rapportée au niveau d'infestation des groupes, permet de chiffrer les pertes dues à chaque femelle gorgée. Ces pertes couvrent également celles dues à un nombre proportionnel de males fixés et de femelles n'ayant pas achevé leur gorgement (Norval *et al.*, 1992). Les pertes constatées sur des vaches laitières de races améliorées dues à *R. (Boophilus) microplus* sont estimées de 0,6 à 1,5 g de poids vif par femelle gorgée (Suthert *et al.*, 1983) et de 1g selon Jonsson *et al.* (1998). L'une des pertes causées par les tiques et qui a une importance économique est la perte de production laitière. Des travaux précis basés sur des infestations monospécifiques ont été menés sur *R. microplus*, *R. appendiculatus* et *Amblyomma hebraeum* (Stachurski, 2000). Dans le cas de *R. (Boophilus) microplus*, il a été démontré que chaque femelle gorgée entraînerait une diminution de 9 ml du volume de lait produit par des vaches Holstein-Frisonnes (Jonsson *et al.*, 1998). D'autres pertes sont indirectement causées par la perte définitive d'un ou plusieurs quartiers de la mamelle, réduisant ainsi la survie des veaux avant le sevrage. Comme autres pertes difficiles à évaluer, on peut citer les effets de la spoliation sanguine dus à la fixation de la tique et aux prélèvements de sang, qui entraînent l'affaiblissement des animaux fortement infestés. Les tiques provoquent des manifestations générales négatives pour les hôtes, telles qu'une immunodépression ou une anorexie. La fixation des tiques peut également entraîner une dépréciation des cuirs et des peaux. La dépréciation des cuirs et des peaux représenterait 5 % des pertes dues à l'infestation des tiques *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en Australie (Springel, 1974). Les tiques sont aussi des vecteurs potentiels d'agents pathogènes. Ces agents pathogènes peuvent être des protozoaires, des bactéries mais aussi des virus injectés à l'animal au moment de la prise du repas sanguin. Les germes pathogènes inoculés se multiplient dans son système sanguin et dans ses tissus et peuvent entraîner des troubles plus ou moins importants pouvant parfois causer la mort (Uilenberg, 1992). Parmi ces pathogènes transmis, ce sont les protozoaires et les rickettsies qui provoquent les maladies les plus préjudiciables pour le bétail en zone tropicale. Les plus importantes d'un point de vue vétérinaire sont (Uilenberg, 1992) : les theilérioses (*Theileria parva* et *Theileria annulata*), les babésioses (*Babesia bigemina* et *Babesia bovis*) et l'anasplasmose (principalement *Anasplasma marginale*).

I.5. Diagnose des différentes tiques rencontrées en Afrique de l'Ouest

Il existe différents genres de tiques dures qui infestent les animaux en Afrique de l'Ouest. Pour le bétail domestique, on en compte essentiellement quatre (4) genres à savoir *Amblyomma*, *Boophilus*, *Hyalomma* et *Rhipicephalus* (Lafia, 1982). Il faut préciser que le genre *Boophilus* est actuellement classé dans le genre *Rhipicephalus* et est considéré comme un sous-genre (Ivan *et al.*, 2002).

- *Genre Amblyomma*

Les tiques du genre *Amblyomma* présentent en général les caractéristiques suivantes : des pédipalpes allongés, des pattes bicolores, des épines courtes sur le coxa I, une absence de plaques sclérifiées sur la face ventrale, des tâches émaillées sur le scutum recouvrant toute la face dorsale tandis que chez la femelle le scutum ne s'observe que sur une petite portion de la face dorsale (Walker *et al.*, 2003).

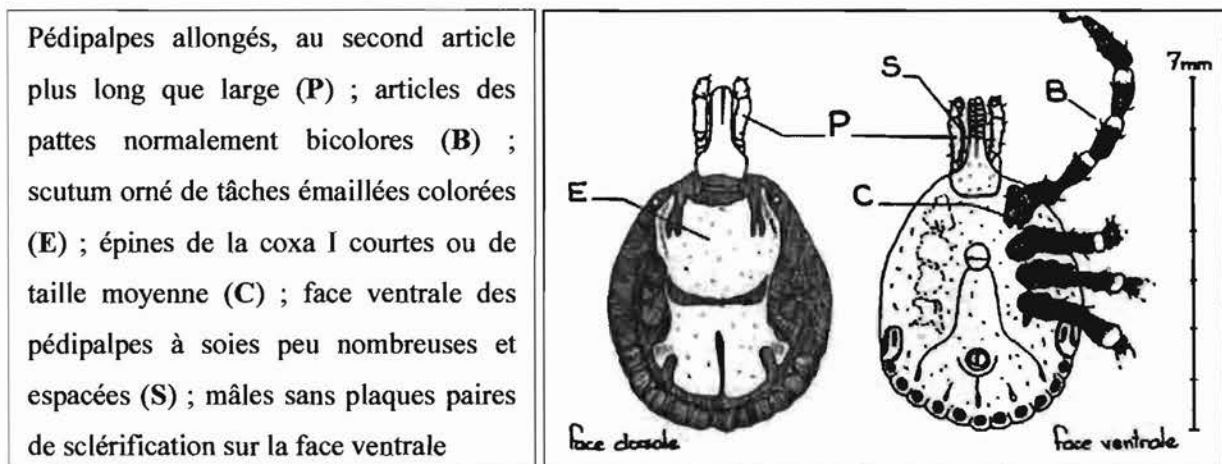


Figure 3 : Caractéristiques de la tique du genre *Amblyomma*

- *Genre Hyalomma*

Pour ce qui est du genre *Hyalomma*, on observe des pédipalpes allongés, des pattes bicolores, une absence d'émail sur le scutum, des épines longues sur le coxa I et 4 à 6 plaques sclérifiées sur la face ventrale chez le mâle (Walker *et al.*, 2003).

Pédipalpes allongés, au second article plus long que large (P) ; articles des pattes normalement bicolores (B) ; épines de la coxa I longues (C) ; soies de la face ventrale des pédipalpes formant un peigne (S) ; 4 à 6 plaques ventrales sclérifiées chez le mâle (V)

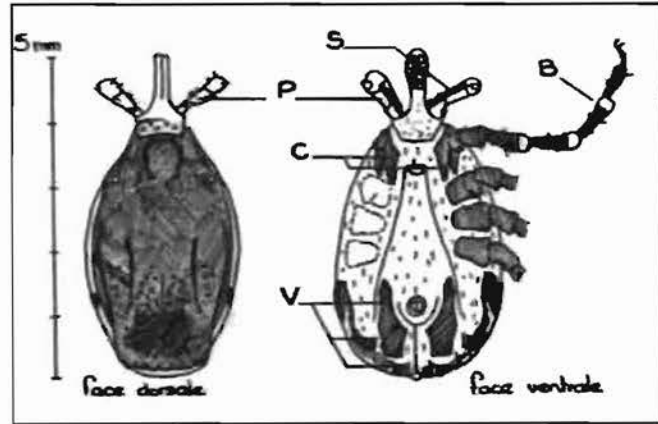


Figure 4 : Caractéristiques de la tique du genre *Hyalomma*

- *Genre Rhipicephalus*

En ce qui concerne le genre *Rhipicephalus*, les caractéristiques suivantes sont à mentionner : des pédipalpes courts, des pattes unicolores, un éperon assez long sur le coxa I, des ocelles présents et des plaques sclérifiées sur la face ventrale chez le mâle (Walker *et al.*, 2003).

Pédipalpes courts, à article II plus large (ou aussi large) que long (P) ; articles des pattes normalement unicolores (U) ; coxa I à éperon moyen ou long (C) ; ocelles présents (O) ; base du capitulum de forme hexagonale (H) ; mâles à deux ou trois paires de plaques ventrales (V)

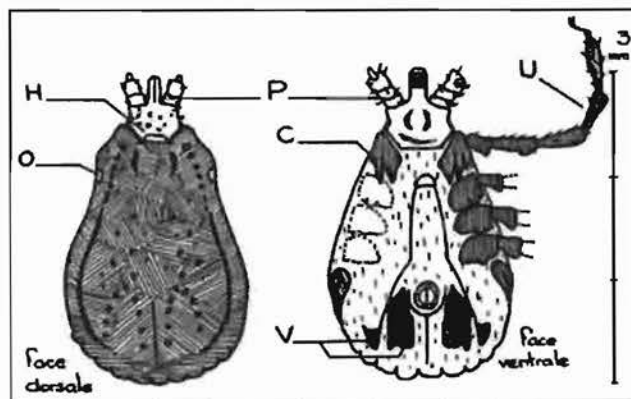


Figure 5 : Caractéristiques de la tique du genre *Rhipicephalus*

- *Genre Boophilus*

Quant aux tiques du genre *Boophilus*, on note des pédipalpes courts, des articles des pattes unicolores, un éperon très court sur le coxa I, des ocelles présents et des plaques sclérifiées sur la face ventrale chez le mâle. Dans ce dernier genre, il existe 4 espèces à savoir *Boophilus annulatus*, *Boophilus decoloratus*, *Boophilus geigy* et *Boophilus microplus*. *Boophilus annulatus* mâle se caractérise par quatre rangées de dents et principalement par une absence

d'appendice caudale. Quant à la femelle, elle présente quatre paires de rangées de dents et une concavité moins accentuée au niveau du premier article du pédipalpe. Chez *B. decoloratus*, on marque la présence d'appendice caudal, de plaques adanales allongées et très pointues et particulièrement la présence de trois paires de rangées de dents. Les caractéristiques de *B. geigy* sont similaires à celles de *B. decoloratus* sauf qu'elle présente quatre paires de rangées de dents. Quant à l'espèce *B. microplus*, on observe quatre rangées de dents, un appendice caudal et des plaques adanales épaisses et moins allongées (Walker *et al.*, 2003).

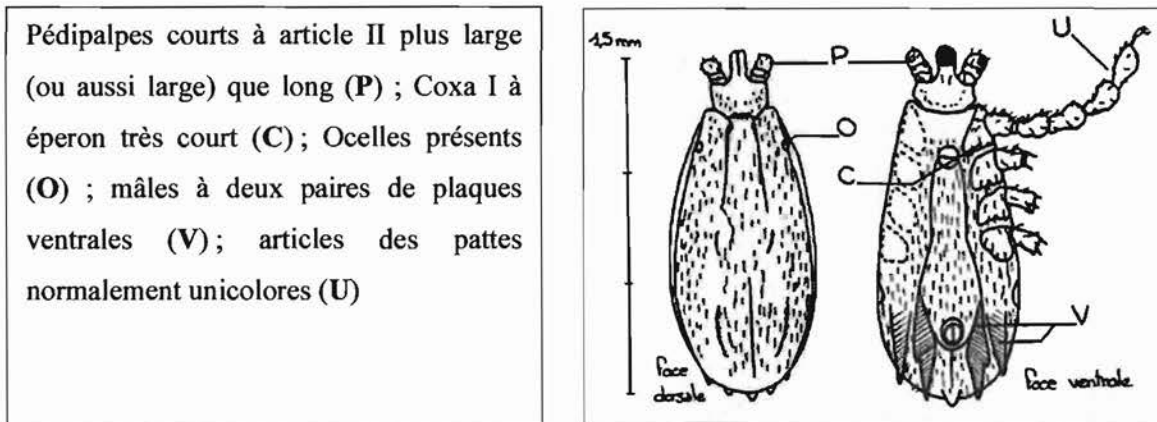


Figure 6 : Caractéristiques de la tique du genre *Boophilus*

I.6. Aperçu sur *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

I.6.1. Importance

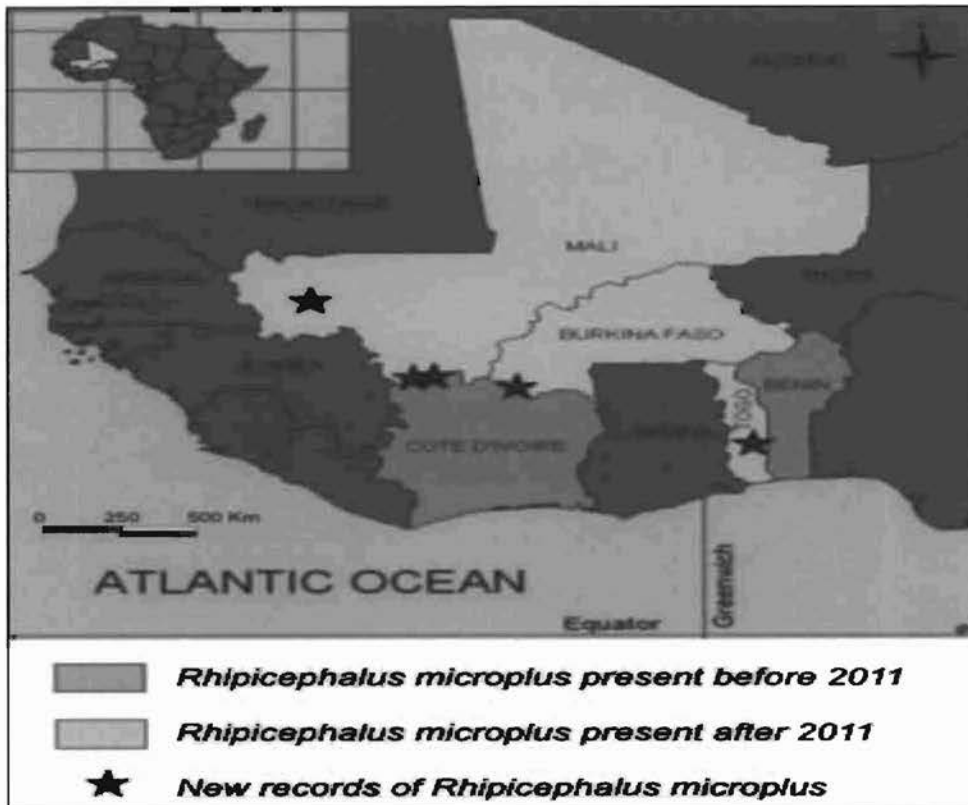
Rhipicephalus (Boophilus) microplus est considéré comme la tique parasite la plus importante de l'élevage dans le monde. C'est une tique dure que l'on retrouve sur de nombreux hôtes notamment les bovins, les buffles, chevaux, ânes, chèvres, moutons, cerfs, cochons, chiens et quelques animaux sauvages. Les charges lourdes des tiques sur les animaux peuvent diminuer la production de cuirs et entraîner d'autres dommages. *R. (Boophilus) microplus* peut également transmettre la babésiose causée par *Babesia bigemina* et *B. bovis*, et l'anaplasmose provoquée par *Anaplasma marginale*. Dans les conditions expérimentales, cette tique peut transmettre la piroplasmose équine causée par *Babesia equi*. La Babésiose ou la fièvre du bétail a été éradiquée aux États-Unis entre 1906 et 1943 en éliminant ses vecteurs *R. (Boophilus) microplus* et *R. (Boophilus) annulatus*. L'éradication de la babésiose a coûté aux États-Unis une somme estimée à 130,5 millions en dollars courants et l'équivalent serait de 3 milliards de dollars US (OIE, 2007).

I.6.2. Spécificité de l'hôte

Bien que les bovins soient le principal hôte du *R. (Boophilus) microplus*, cette espèce de tiques peut également se trouver sur le cerf, les chevaux, les chèvres et les chiens. Par conséquent, si les bovins sont retirés de leur habitat naturel, *R. (Boophilus) microplus* est capable de compléter son cycle de vie sur d'autres hôtes et maintenir la population ; ce qui est un facteur de complication dans les programmes d'éradication (Lovis, 2012).

I.6.3. Répartition géographique

R. (Boophilus) microplus a une distribution tropicale et subtropicale. Il est considéré comme étant originaire d'Asie du Sud (Pal et Wharton, 1974) et s'est étendu aux grandes zones d'élevage du bétail comme l'Amérique du Sud et l'Australie à travers le transport de bétail commercial. En Afrique, il a été suggéré que *R. (Boophilus) microplus* a été introduit à Madagascar avec les bovins importés et puis plus loin en Afrique de l'Est et du Sud (Walker *et al.*, 2003). Sur le continent américain, *R. (Boophilus) microplus* est présent de l'Uruguay et de l'Argentine du nord à la frontière mexicaine-Texas. Il a été éradiqué de la partie sud de sa distribution en Argentine et en Uruguay et du Texas (ICTTD, 2004b). En Afrique, *R. (Boophilus) microplus* est limité en Afrique australe et orientale (Afrique du Sud, Zambie, Malawi, Tanzanie et Kenya) et à Madagascar (Walker *et al.*, 2003), tandis que dans le continent australien, il est distribué dans le Nord et l'Est de l'Australie et en Nouvelle-Calédonie. Sa répartition sur le continent asiatique n'est pas bien connue (Pal et Wharton, 1974). Dans son aire de répartition, la présence de *R. (Boophilus) microplus* dépend de la répartition de son hôte et des conditions climatiques. L'activité de la tique du bétail est adaptée à la variation saisonnière climatique pour réduire le risque de dessiccation. Un grand nombre de larves est généralement présent sur la végétation des pâturages à la fin du printemps, et les générations successives de larves apparaissent alors pendant l'été et l'automne ; et l'hiver en début des mois (Walker *et al.*, 2003). La carte 1 ci-dessous indique la répartition géographique de la tique *R. (Boophilus) microplus* avant et après 2011 en Afrique.



Carte 1 : Répartition de *R. (Boophilus) microplus* avant et après 2011 en Afrique
(Adakal *et al.*, 2013)

I.6.4. Cycle de vie

Rhipicephalus (Boophilus) microplus a le cycle de vie typique d'une tique à un hôte se nourrissant sur un seul individu hôte. Son cycle de vie est divisé en trois étapes : larve, nymphe et adulte. Les larves hexapodes à jeûn grimpent sur la végétation et attendent passivement les hôtes au passage. Ces larves en question utilisent leurs pattes avant pour saisir le pâturage du bétail afin de s'accrocher sur leur hôte pour se fixer à un endroit bien approprié et se nourrir (ICTTD, 2004a). Ils s'attachent préférentiellement sur le ventre, les flancs, les fanons et les épaules de leur hôte (Walker *et al.*, 2003). Les larves se nourrissent pendant 6 à 8 jours, puis la mue en une nymphe se fait en restant fixée sur l'hôte. Les nymphes prennent un repas sanguin de 7 à 9 jours, puis muent en adultes, mâles ou femelles (ICTTD, 2004b). Les mâles ont des courts repas répétés entre lesquels ils cherchent les femelles sur l'hôte (ICTTD, 2004a). L'accouplement a lieu pendant le repas sanguin des femelles. Une fois que les femelles fécondées ont terminé leur repas sanguin, elles se détachent de l'hôte et tombent au sol. Le dernier repas sanguin des femelles leur permet de

produire des œufs qui sont pondus en un seul lot sur la végétation. Les femelles meurent aussitôt qu'elles terminent la ponte. La phase parasitaire totale varie de 18 à 30 jours pour les femelles alors que les mâles peuvent rester sexuellement actifs sur l'hôte jusqu'à 70 jours.

Le développement de *R. (Boophilus) microplus* sur l'hôte est presque indépendant des conditions climatiques tandis que la rapidité de la phase pré-parasitaire est influencée par la température et l'humidité. La ponte et l'éclosion des larves sont accélérées par des périodes chaudes alors que les températures froides ralentissent ou inhibent le développement. Si le repas sanguin est terminé et que les conditions favorables d'humidité et de température sont respectivement de 50-60 % et 24-28 °C, le poids corporel de la femelle est transformé en un maximum de 2000 à 4000 œufs, dont 85-95 % éclosent en larves. La larve à jeun survit moins de 30 jours à températures élevées et jusqu'à plus de 120 jours dans des conditions froides (ICTTD, 2004b).

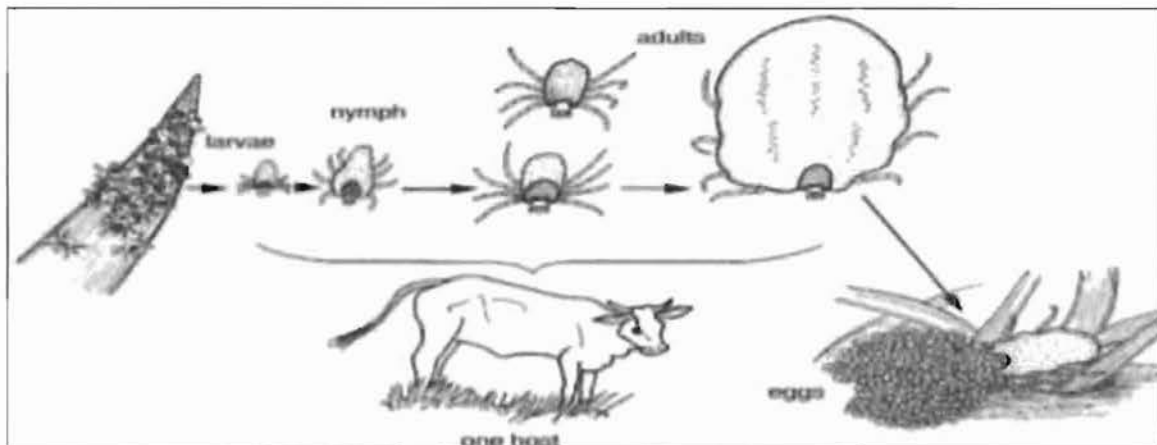


Figure 7 : Cycle de vie de la tique *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

(Lovis, 2012)

I.6.5. Diagnostic différentiel

Morphologiquement, *R. (Boophilus) microplus* est difficile à différencier du *R. (Boophilus) decoloratus* et du *R. (Boophilus) annulatus* et l'observation au microscope stéréoscopique est nécessaire pour les distinguer. Les critères sont les suivants (Walker *et al.*, 2003) : les dents hypostomales de *R. (Boophilus) microplus* sont en 4+4 colonnes alors qu'ils sont en 3 trois colonnes pour *R. (Boophilus) decoloratus*. En outre, *R. (Boophilus) microplus* n'a pas de protubérance portant la soie sur la marge interne de l'article 1 du palpe, tandis que cette protubérance est présente chez *R. (Boophilus) decoloratus*. *R. (Boophilus) microplus* et *R. (Boophilus) annulatus* sont très similaires. Cependant, les mâles de *R. (Boophilus) microplus*

possèdent un appendice caudal qui est absent chez les mâles de *R. (Boophilus) annulatus*. De plus, le coxa I de la femelle *R. (Boophilus) microplus* présente deux éperons bien développés alors que chez la femelle *R. (Boophilus) annulatus*, cette structure n'a pas d'éperon interne bien développé (Lovis, 2012).

1 : dents hypostomales en 4+4 colonnes ; 2 : articles 1 du palpe en marge interne n'a pas de protubérance portant de soies

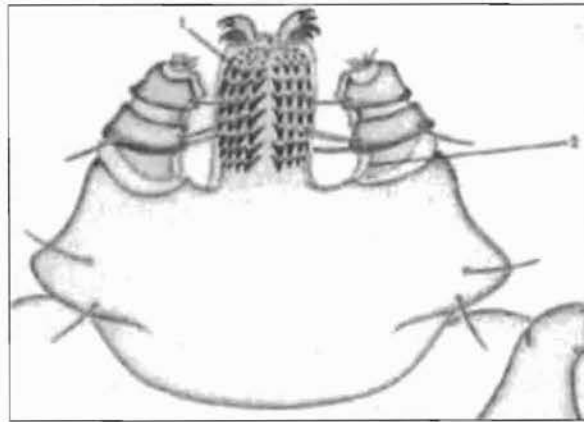


Figure 8 : Caractéristiques morphologiques de *R. (Boophilus) microplus*
(Walker *et al.*, 2003)

I.7. Méthodes de lutte contre les tiques

La lutte contre les tiques vise à limiter les pertes qu'elles entraînent, mais aussi celles dues aux maladies transmises par les tiques ou associées aux tiques. Cette lutte doit être menée d'une manière concertée et rationnelle entre les différents partenaires des services vétérinaires, en fonction des divers genres et espèces présents dans la zone, mais surtout à la lumière de la fine compréhension de leur biologie respective. Ainsi, plusieurs méthodes de luttés sont utilisées partout dans le monde. Nous distinguons : les méthodes écologiques, les méthodes biologiques, les méthodes traditionnelles, les méthodes chimiques, la lutte par piège et la sélection de races animales résistantes aux tiques. Les différentes méthodes de luttés, le processus d'application et les moyens utilisés dans la méthode sont définis selon Barré (1989) et Uly (1993).

I.7.1. Méthode écologique

Cette méthode consiste à modifier le biotope de la tique pour ainsi handicaper son cycle de reproduction (Cuisance *et al.*, 1994). Une conduite basée sur la rotation des pâturages est recommandée. Cela consiste à retirer les animaux d'une parcelle, le temps nécessaire à la disparition par inanition, des tiques libres qui sont présentes. En effet cela revient à empêcher le contact entre les tiques et les hôtes et donc à une interruption du cycle. Selon Barré *et al.*

(1988) cité par Stachurski (2000), il serait théoriquement possible de limiter le contact tique-hôte par des pâtures nocturnes. En effet cette remarque repose sur le fait que les adultes *Amblyomma variegatum* sont plus actifs au cours de la journée que la nuit. De plus, les femelles se détachant préférentiellement en milieu de journée, elles se retrouveraient dans le parc à repos de bovins, milieu défavorable à leur survie et à celle des œufs. Ces méthodes semblent théoriquement bonnes mais d'une manière pratique, elles ont chacune des limites et c'est leur combinaison raisonnée qui est susceptible de briser le cycle de la tique dans son écosystème. Parmi ces méthodes, on peut distinguer les feux de brousse, le retrait des hôtes domestiques et la rotation du pâturage ainsi que la mise en culture. Les feux de brousses s'effectuent en début de saison sèche. Ils ont pour objectif d'éliminer les tiques tombées au sol, mais aussi de perturber leur niche écologique. Ils s'avèrent cependant inefficaces parce qu'ils sont superficiels alors que les tiques s'abritent dans les anfractuosités du sol. Le retrait des hôtes domestiques et la rotation des pâturages sont basés sur la mise en défens des pâturages pendant une période supérieure à la durée de vie à jeûn de la tique présente sur le pâturage à ce moment-là, ce qui occasionne sa mort par inanition. C'est une méthode pour lutter contre les tiques à cycle court (*Boophilus spp*), mais elle s'avère inefficace pour celles à cycle long (*Hyalomma spp* et *Amblyomma spp*). Il faut aussi signaler que ce procédé n'est concevable que dans le cas d'élevages modernes (intensification), car il est nécessaire de disposer de grandes surfaces de pâturages propres pouvant être soustraites pendant plusieurs semaines ou mois de l'alimentation des animaux (Barré, 1989). La mise en culture est une méthode qui consiste à mettre en culture les pâturages à haut risque infestés de larves, nymphes et adultes (Barré, 1989).

I.7.2. Méthode biologique

Selon (Cuisance *et al.*, 1994), de nombreux parasites, parasitoïdes ou prédateurs peuvent avoir un impact négatif sur les tiques présentes dans le milieu. Mais signalons qu'il y a peu d'essais d'utilisation de ces organismes (bactéries, champignons, nématodes, insectes) en vue de diminuer les populations de tique. Il a été observé récemment que les spores de champignon (*Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae*) avaient une certaine activité sur les *Rhipicephalus appendiculatum* et les *Amblyomma variegatum* infestant les lapins ou les bovins sur lesquels elles étaient pulvérisées (Kaaya *et al.*, 1996). Mais cette activité consistant en une diminution des capacités reproductrices des femelles gorgées, ne se fait sentir que sur la génération suivante. En fait, l'utilisation des champignons ne diminuerait que les blessures et les pertes directes dues aux tiques. Les éleveurs préfèrent une méthode plus efficace faisant

périr la tique elle-même, ainsi que ses œufs. De plus, pour une bonne efficacité dans une zone donnée, il faut qu'elle soit pratiquée par la quasi-totalité des éleveurs de la zone simultanément. Elle consiste à favoriser le développement des hyper parasites des tiques et des prédateurs des tiques afin qu'ils régulent par leur action parasitaire et prédatrice, les tiques présentes dans la zone (Barré, 1989). Les hyperparasites des tiques sont pour la plupart des hyménoptères chalcidiens, de la famille des Encyrtidés. Ils régulent la population ixodienne à laquelle ils sont associés. Cependant leur rôle véritable n'est pas encore élucidé (Barré, 1989). Les prédateurs des tiques sont variés et d'importance diverse. Ils régulent la population ixodienne par la prédation. Ils sont pour la plupart des oiseaux, des arthropodes ou des reptiles. C'est le cas par exemple de la fourmi *Solenopsis geminifera* (Barré, 1989) prédatrice de la tique *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Par ailleurs dans le cadre de la lutte biologique, des micro-organismes ont été identifiés comme étant pathogènes pour les tiques : c'est le cas de certains champignons. La présence de certaines plantes dans le pâturage peut contribuer à éloigner certains ixodidés. La promotion de ces espèces végétales surtout lorsqu'elles sont appréciées par les animaux serait grandement avantageux (Uly, 1993).

1.7.3. Méthode traditionnelle

Dans un grand nombre d'élevage traditionnel en Afrique, la lutte contre les tiques se fait de façon manuelle par arrachage. Ces parasites une fois arrachés, sont jetés au feu ou écrasés. Cette tâche est très fastidieuse et demande plus de temps aux éleveurs car elle demande un suivi quotidien des bovins. L'animal est maintenu par une personne et un second procède au détiqage. L'arrachage des tiques placées sur les parties sensibles comme l'anus peut provoquer des blessures et des réactions de défense de la part de l'animal. Le but des éleveurs étant de minimiser les accidents, les blessures et les pertes de temps, il était donc nécessaire de mettre en place d'autres méthodes (Dipeolu *et al.*, 1992). Le détiqage manuel est la méthode la plus couramment utilisée par les éleveurs en Afrique de l'Ouest. C'est une méthode qui n'est facilement applicable qu'à un petit effectif d'animaux. En revanche, elle s'avère contraignante pour une charge parasitaire élevée, ce qui est le cas des *R. (Boophilus) microplus*. Elle est coûteuse en temps et en main d'œuvre, d'autant plus lorsque l'infestation est observée en début de saison pluvieuse (travaux champêtres), ou en fin de saison pluvieuse (Stachurski, 2000). Les éleveurs dans l'optique de détruire les tiques sur les animaux utilisent une panoplie de plantes renfermant des principes actifs nocifs aux tiques tels que : *Aetaea spicata* qui est une plante utilisée en usage externe sous forme de lotions ou mélangée à de la graisse de porc non salée. Elle guérit la gale et tue les acariens ; *Azadirachta indica* : l'huile

de Neem de par ses propriétés amères et son odeur caractéristique est un bon acaricide ; *Ricinus communis* : la poudre de feuilles et/ou de pétioles du ricin en solution dans l'eau est un bon acaricide. Elle permet de lutter contre de nombreux acariens et est inoffensive pour les animaux supérieurs ; *Tephrosia vogelii* hoo : les feuilles, graines et autres parties de la plante contiennent des principes actifs aux propriétés acaricides. Ces parties en solution ou sous d'autres formes sont utilisées pour lutter contre les acariens (Uly, 1993).

I.7.4. Méthode chimique

Elle consiste à utiliser des acaricides notamment les pyréthrénoïdes de synthèse (deltaméthrine, cyperméthrine et fluméthrine) et les amidines (amitraz). À ce niveau, il est non moins important de noter que la mauvaise utilisation de ces acaricides entraîne le développement de résistance des tiques aux acaricides. Plusieurs méthodes chimiques de lutte contre les tiques ont été développées. Parmi ces méthodes chimiques, on peut noter d'abord le bain détiqueur qui est très efficace, rapide mais très coûteux. Ensuite, il existe la méthode utilisant le pulvérisateur manuel qui est également efficace si elle est appliquée correctement et elle n'est pas onéreuse comparativement au bain détiqueur. Enfin, le pédiluve acaricide qui consiste en un bain des pieds, est une nouvelle méthode de lutte mise au point par le CIRDES suite à l'observation du comportement des tiques. Les méthodes chimiques consistent à appliquer sur l'animal par aspersion ou immersion, une solution contenant le produit acaricide. Ces acaricides sont très variés aussi bien dans leur nature que dans leur mode d'utilisation. Ainsi, il existe diverses formulations d'utilisation ou technologies d'application. La plus courante est la pulvérisation, l'aérosol et l'application dorsale sur les animaux connue sous le vocable de formule « pour-on » (Laurent, 1998).

I.7.5. Lutte par piège et sélection de races animales résistantes aux tiques

La lutte contre les tiques sur l'hôte présente plusieurs avantages dont celle de limiter rapidement le degré d'infestation des animaux, les mettant ainsi à l'abri des pathologies diverses occasionnées par les tiques : maladies parasitaires, intoxication, lésions de cuirs et peaux. Cette méthode est bénéfique parce que l'animal est ici utilisé comme piège des tiques dans le pâturage infesté. Les tiques précédemment fixées sur l'animal synthétisent des phéromones d'agrégation-attachement attirant les tiques libres à la recherche d'hôtes. Ainsi, c'est un procédé efficace d'attraction des tiques pour une destruction préalable par des produits adaptés en fonction du genre de tiques capturés (Barré, 1989). La sélection de races animales résistantes aux tiques s'opère par sélection massale ou par croisement entre animaux dans le but d'obtenir un produit ayant une immunité naturelle face aux tiques (Uly, 1993).

II. Généralités sur la résistance des tiques aux acaricides

II.1. Historique des classes de composés acaricides

Le contrôle des tiques du bétail avec les composés chimiques a commencé à la fin du XIX^{ème} siècle avec l'utilisation de l'arsenic. Cette classe de composés a été suivie par les organochlorés (OC), organophosphorés (OP), les amidines, les pyréthrénoïdes de synthèse (PS), les phénylpyrazoles, les lactones macrocycliques (LM), les régulateurs de croissance et les spinosynes. L'introduction de chaque nouvelle classe d'acaricide a été suivie par l'émergence de la résistance. Dans ce qui suit, nous présentons les différentes classes de composés acaricides par ordre de leur introduction sur le marché et fournir des informations sur la résistance des tiques (Lovis, 2012).

II.1.1. Arsenicaux

Les arsenicaux ont été les premiers composés utilisés pour le contrôle des tiques, introduits en 1895 (Waltisbuhl *et al.*, 2005). En 1896, une immersion profonde basée sur l'arsenic a été utilisée dans le Queensland, en Australie, pour le contrôle de la tique par un agriculteur local. Cette immersion de l'arsenic a été rapidement adoptée dans d'autres zones telles que États-Unis, Afrique du Sud et Cuba et l'immersion est devenue une pratique très répandue en Australie (Angus, 1996). L'immersion devait être très fréquente en raison de l'effet résiduel très court (24h) de l'arsenic (Mitchell, 1996). Après environ 40 ans d'utilisation, le premier cas de résistance de *R. (Boophilus) microplus* à l'arsenic a été signalé en 1936 (Legg, 1947).

II.1.2. Organochlorés

Les premiers composés d'organochlorés (OC) ont été introduits sur le marché comme acaricides en 1939 (Graf *et al.*, 2004) pour contrôler les tiques résistantes à l'arsenic. Plus de composés sont devenus disponibles au milieu des années 1940. Les organochlorés sont divisés en trois groupes principaux : les dérivés chlorés de l'éthane, comme le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) ; les cyclodiènes, qui comprennent la dieldrine et le toxaphène, les hexachlorocyclohexanes (HCH), comme le lindane. Les organochlorés ont une haute efficacité, une longue activité résiduelle et un large spectre d'action et avait l'avantage d'être moins toxique et moins cher que l'arsenic. Le premier cas de résistance aux OC a été observée au Brésil en 1952 (Freire, 1953). Une décennie plus tard, en 1962, l'utilisation de tous les OC était interdit pour lutter contre les tiques, à cause des résidus dans la viande, le lait et l'environnement résultant de sa faible biodégradabilité et son affinité pour les tissus adipeux (Graf *et al.*, 2004).

II.1.3. Organophosphorés et carbamates

Les organophosphorés (OP) ont commencé à être utilisés comme ecto parasitocides au milieu des années 1950 (Andreotti, 2010). Ils ont été utilisés pour lutter contre les tiques qui sont devenues résistantes aux OC. Les principaux composés de cette classe étaient : l'éthion, le chlorpyrifos, le chlorfenvinphos et le coumaphos. Les organophosphorés étaient moins stables et moins persistantes que les OC mais certains OP sont très toxiques pour les mammifères (Cremllyn, 1978). Par contre, ils présentaient l'avantage d'être biodégradables, et donc pas d'accumulation dans l'environnement et d'être beaucoup moins lipophiles que les OC. L'effet résiduel des OP contre la réinfestation des tiques est de 2 à 3 jours. La résistance aux organophosphorés est apparue la première fois en Australie au milieu des années 1960 (Roulston *et al.*, 1968) et est aujourd'hui largement répandue dans la distribution complète de *R. (Boophilus) microplus*. En outre, la résistance aux OP était également observée sur une souche d'éruption au Texas (Miller *et al.*, 2005).

Les carbamates sont étroitement liées aux OP et les deux principaux composés utilisés pour le contrôle des tiques sont le carbaryl et le propoxur. Le carbaryl a une faible toxicité pour les mammifères, mais pourrait être cancérigène et est souvent combiné avec d'autres ingrédients actifs (Taylor, 2001).

II.1.4. Amidines

Les amidines ont commencé à être utilisées pour le contrôle des tiques au milieu des années 1970 (Nolan, 1981). Aujourd'hui, l'amitraz est l'ingrédient actif principal utilisé dans ce groupe. Il a un spectre étroit d'action, mais très efficace contre les tiques, avec une efficacité résiduelle contre la réinfestation des tiques pendant neuf jours. Il possède un minimum de toxicité pour le bétail et pour les humains, et est rapidement dégradé dans l'environnement et n'a pas de délai d'attente pour la viande (Jonsson *et al.*, 2007). La résistance à l'amitraz est apparue 4 à 10 ans après sa première utilisation dans différentes parties du monde et a été identifiée pour la première fois au début des années 1980, en Australie (Nolan, 1981). Depuis lors, la résistance a également été observée au Mexique, en Amérique du Sud, en Afrique du Sud et Nouvelle-Calédonie. Cependant, en 2007, Jonsson et Hope (2007) ont rapporté que l'amitraz était encore l'un des acaricides les plus populaires pour le contrôle des tiques sur les bovins en Australie, en Amérique latine et en Afrique australe (Lovis, 2012).

II.1.5. Pyréthrénoïdes de synthèse

Les pyréthrénoïdes synthétiques ont été introduits au milieu de la fin des années 1970 (Graf *et al.*, 2004) et ont été largement utilisés. Les pyréthrénoïdes de synthèses sont des insecticides

et acaricides très efficaces, et ne sont pas très toxiques pour les mammifères et sont très biodégradables. À la fin des années 1980, la résistance a été signalée en Australie (Nolan *et al.*, 1989) et au Brésil (Leite, 1988). Aujourd'hui, la résistance aux PS est extrêmement fréquente et a été montrée pour être répandue dans tous les pays où des études de résistance ont été effectuées, y compris le Mexique, l'Amérique du Sud, l'Afrique du Sud, l'Australie et la Nouvelle-Calédonie. Comparativement aux OP, la résistance aux PS a également été observée sur une souche d'éruption au Texas (Miller *et al.*, 2007).

II.1.6. Lactones macrocycliques

Les lactones macrocycliques (LMs) ont été introduites sur le marché en 1981 (Geary, 2005). Ils sont divisés en deux catégories (Taylor, 2001) : les avermectines telles que l'ivermectine, la doramectine, l'abamectine, l'eprinomectine ; et les milbémycines, notamment la moxidectine et la milbémycine oxime. Les lactones macrocycliques sont systématiquement actives contre les tiques et ont une activité résiduelle plus longue que les pyréthrénoïdes de synthèse et sont actives contre une gamme d'arthropodes et nématodes (Taylor, 2001). Cependant, les longs délais d'attente pour la viande et le lait peuvent limiter l'utilisation de cette classe chez le bétail (Andreotti, 2010). La résistance aux avermectines (doramectine et ivermectine) a été premièrement signalée au Brésil en 2001 (Martins et Furlong, 2001) et a été plus tard aussi signalée au Mexique à l'ivermectine (Perez-Cogollo *et al.*, 2010). La résistance à la lactone macrocyclique n'a pas encore été signalée ailleurs (Lovis, 2012).

II.1.7. Phénylpyrazoles

Le fipronil est le seul composé de phénylpyrazoles à être utilisé dans l'élevage pour la lutte contre les tiques du bétail et son utilisation a commencé au milieu des années 90 (Davey *et al.*, 1998). Il a une longue activité résiduelle (Taylor, 2001) et persiste jusqu'à cinq semaines sur le terrain (Davey *et al.*, 1999). La résistance au fipronil a été signalée pour la première fois en 2007 en Uruguay (Cuore *et al.*, 2007), et plus tard au Brésil (Castro-Janer *et al.*, 2010).

II.1.8. Régulateurs de croissance

Les régulateurs de croissance sont l'une des dernières classes d'acaricides, avec comme premier composé représentant la classe, le fluazuron, disponible sur le marché acaricide, depuis 1994 en Australie. Ces composés ont un mode d'action totalement différent par rapport aux classes précédemment citées. Sur la base de leur mode d'action, ils sont divisés en urées benzoylphényles, qui sont des inhibiteurs de synthèse de la chitine, dérivés triazine/pyrimidine, agissant comme inhibiteurs de chitine et analogues de l'hormone juvénile (Graf, 1993). Le fluazuron est une urée benzoylphényle qui offre une protection à long terme contre

R. (Boophilus) microplus en 6 à 12 semaines (Bull *et al.*, 1996). En revanche, les autres composés urées benzoylphényles ont une efficacité relativement faible contre les tiques. Le Fluazuron ne peut pas être utilisé pour les vaches laitières, car il est hautement lipophile et s'accumule donc dans les tissus gras du corps et du lait. La résistance n'a pas encore été rapportée dans la littérature, mais un cas a été présenté dans un congrès de session d'affiches en 2010 (Jackson et Stutchbury, 2010).

II.1.9. Spinosynes

Le spinosad est un naturalyte contenant un mélange de deux produits métabolites obtenus par fermentation par l'actinomycète *Saccharopolyspora spinosa* (Davey *et al.*, 2001, Miller *et al.*, 2011). Il a été démontré qu'il est efficace contre les larves et les nymphes de *R. (Boophilus) microplus* (Davey *et al.*, 2001) et est inscrit pour le contrôle des tiques dans certains pays d'Amérique latine, comme le Brésil (Jonsson *et al.*, 2010). Le spinosad est rapidement biodégradé dans le sol, a une faible résistance croisée avec d'autres produits chimiques et a réduit le risque pour les travailleurs (Davey *et al.*, 2001).

II.2. Concept de la résistance des tiques aux acaricides

La résistance à un acaricide ou à un insecticide donné peut être décrite comme la réduction de la sensibilité d'un parasite à l'acaricide ou à l'insecticide quand il est employé à la concentration recommandée et selon toutes les recommandations pour son usage. Dans la plupart des cas, il est probable que les gènes qui confèrent une résistance soient déjà présents au niveau très bas dans la population de tiques avant l'introduction d'un nouvel acaricide. Un manque de techniques normalisées pour diagnostiquer la résistance d'acaricide semble être la difficulté principale en créant et en maintenant un système de surveillance de résistance de tiques. Les suspicions de résistance se font lorsqu'il y a des échecs de traitements dans la lutte contre les tiques du bétail. Bien que l'échec du traitement soit souvent le résultat de la préparation ou de l'application incorrecte de l'acaricide, la persistance des tiques après des traitements fréquents et correctement appliqués indique que la résistance à l'acaricide est probable (FAO, 1989). L'utilisation intensive des acaricides a conduit au développement de la résistance à presque toutes les classes principales d'acaricides dans beaucoup de pays, y compris l'Australie, le Mexique, et le Brésil.

L'échec du contrôle des tiques n'est pas toujours due à la résistance, mais peut être causée par des facteurs tels que l'équipement défectueux, la dose inappropriée ou l'utilisation de produits chimiques périmés et donc inefficaces. Par conséquent, lorsque la défaillance de la lutte contre les tiques est observée, la résistance soupçonnée doit être confirmée avant de choisir un

nouvel acaricide. Une fois que la résistance est confirmée, les éleveurs et les acteurs de la filière bétail doivent être informés sur l'utilisation de produits chimiques de remplacement pour le contrôle des populations résistantes. Pour ce faire, la sensibilité des tiques résistantes au produit potentiel de remplacement doit être testée. Les tests devraient inclure l'évaluation de la sensibilité des tiques aux composés précédemment utilisés auxquels les tiques peuvent aussi avoir développé une résistance (Lovis *et al.*, 2011). En outre, étant donné que la résistance croisée est connue pour se produire entre les composés de la même classe, mais pas systématiquement, plus d'un représentant de chaque classe doit être testé. Par exemple, dans les années 1970, il y avait peu de résistance croisée parmi les organophosphorés qui n'a été généralement pas indiquée pour tous les composés de la classe (Roulston *et al.*, 1981) et le succès de l'utilisation des OP de beaucoup d'années supplémentaires a fini par tester la résistance de l'OP et cela en utilisant un composé d'OP alternatif. Le contrôle de la résistance est un outil essentiel dans la lutte antiparasitaire. En outre, le contrôle global des tiques devrait faciliter la détection de la résistance à un stade précoce qui est essentiel pour ralentir sa propagation en évitant tôt la sélection d'individus résistants.

II.3. Tests biologiques

Les tests biologiques sont basés sur l'exposition *in vitro* des tiques (larves ou femelles gorgées) à une dose unique ou à plusieurs doses croissantes d'un acaricide. Le type de contact avec le principe actif et sa durée varient selon les essais. Un essai biologique idéal devrait répondre à de nombreuses exigences (FAO, 2004). Le test de diagnostic doit être suffisamment sensible pour identifier la résistance au début de son émergence et devrait couvrir l'ensemble des groupes de produits chimiques qui sont utilisés sur le terrain. Le test doit être simple et peu coûteux, exiger un faible nombre de tiques femelles gorgées et être efficace dans le temps. En outre, il devrait fournir des résultats rapides et fiables, et être prêt à la normalisation entre les laboratoires dans de nombreux pays. Cependant, aucun des tests disponibles ne répond à toutes ces exigences. Afin de disposer de normes unifiées, l'Organisation des Nations pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) a adopté et recommandé l'utilisation d'un test biologique nommé Larval Packet Test (LPT) depuis 1975 (Kemp *et al.*, 1998). Ce test a été examiné par la FAO pour être le plus reproductible et a donc été retenu comme test de choix pour les enquêtes et pour une confirmation définitive de la résistance malgré quelques limitations dues à la nature laborieuse de ce test (FAO, 2004). Mais en plus de ce test, d'autres tests sont employés pour le diagnostic de la résistance.

II.3.1. Larval Packet Test (LPT)

Le LPT a été développé par Stone et Haydock (1962). Dans cet essai, les larves sont exposées aux papiers filtres imprégnés de l'acaricide à tester et leur mortalité ultérieure est quantifiée après 24 heures. L'acaricide à tester est diluée en série dans un solvant composé de trichloréthylène et de l'huile d'olive (2 volumes pour 1). Un volume d'environ 0,67 ml de chaque dilution est appliqué sur un papier filtre whatman de dimension 8,5 x 7,5 cm. Le solvant est laissé à évaporer sous une hotte de laboratoire pendant 2 heures. Les papiers ainsi traités sont ensuite pliés en deux et les côtés scellés avec des fermoirs formant une pochette ouverte. Environ une centaine de larves âgées de 7-21 jours est placée dans chaque pochette à l'aide d'un pinceau fin avant de fermer la pochette avec un troisième fermoir. Les paquets sont incubés dans des conditions contrôlées de 80-95 % d'humidité relative et de 27-28 °C et le nombre de larves mortes et vivantes est compté au bout de 24 heures. Sont considérées comme mortes, les larves qui n'arrivent pas à se déplacer. Les larves qui bougent leurs pattes, mais qui ne marchent pas sont également comptées comme mortes. Pour chaque série de tests, les pochettes témoin qui ne sont imbibées que du solvant, sont préparées. Si lors du contrôle de la mortalité dans les pochettes témoin, celle-ci est supérieure à 10 %, le test doit être rejeté et repris (FAO, 2004). En revanche, si cette mortalité excède 5 %, une correction est apportée aux jeux de données en utilisant la formule d'Abbott (Abbott, 1987).

II.3.2. Adult Immersion Test (AIT)

L'AIT a été développé par Drummond (1973). Le principe de Drummond AIT initial était de traiter les tiques femelles avec une gamme de dilutions d'un acaricide et d'évaluer l'effet de l'application sur la ponte et l'éclosion des œufs, en comparant les femelles traitées et les non traitées. Dans ce protocole, des groupes de 10 femelles gorgées sont pesées, immergées dans les différentes solutions d'acaricide pendant 30 secondes, retirées des solutions d'immersion, placées sur une serviette en papier pour séchage, et incubées à 27-28°C et 80-95 % d'humidité relative. Après 2 semaines, les œufs produits par les tiques dans chaque groupe de traitement sont pesés, et incubés pour estimer le pourcentage de larves écloses. Dans ce test, l'efficacité d'acaricides est déterminée en comparant la reproduction estimée de chaque groupe de tiques traitées avec celui des tiques témoins. Tout en fournissant ce protocole simplifié, la FAO a fourni des valeurs de doses discriminantes (DD) définies comme le double de la DL_{99,9} (dose ayant causé 99,9 % de mortalité) des souches de référence sensibles. Cependant, cet AIT simplifié et les DD ont été fortement critiquées (Jonsson *et al.*, 2007). En effet, dans une étude visant à évaluer la reproductibilité de l'essai et sa capacité à discriminer les tiques résistantes et sensibles, les auteurs ont montré qu'il y avait une variation considérable entre la DD qu'ils

ont obtenu en utilisant différentes souches sensibles et la DD proposée par la FAO. En outre, ils ont montré que l'application de ces DD ne permettait pas de discriminer entre des souches de tiques sensibles et résistantes. Ainsi, les auteurs ont conclu que l'application de la DD à l'AIT ne fournit pas un test de diagnostic fiable. En outre, le calcul de la DD comme le double de la $DL_{99,9}$ tel que recommandé par la FAO (2004) a été critiqué par (Robertson *et al.*, 2007) qui ont contesté le bénéfice de ces estimations et recommandé de ne pas utiliser les valeurs DL si élevées.

II.3.3. Larval Immersion Test (LIT)

Ce test biologique sur les larves de tiques n'est pas aussi largement répandu pour le diagnostic de la résistance. La méthode fournit un résultat en six semaines, le même temps que les études de LPT. Des études comparatives ont indiqué que des résultats de LIT peuvent être comparés aux résultats de LPT car il y a une bonne concordance entre les résultats des méthodes d'essai. L'incapacité du LPT de diagnostiquer la résistance potentielle au fluazuron s'applique également au LIT. Le LPT peut être utilisé pour les LMs mais des résultats préliminaires de la CSIRO en Australie ont montré que le LIT est beaucoup plus sensible. Il a été employé intensivement en Afrique du Sud. Le LIT n'est pas recommandé par la FAO (2004).

II.3.4. Larval Tarsal Test (LTT)

Ce test a été développé par Lovis en 2011. Il permet de tester de nombreux composés en peu de temps et avec un minimum de tiques. Dans ce test, des œufs de tiques sont distribués dans des puits de plaques de microtitration préalablement traités avec les acaricides à tester. Les œufs sont incubés jusqu'à l'éclosion des larves, qui sont ainsi exposées aux composés. La résistance des souches de tiques est alors évaluée en fonction de la mortalité des larves écloses. La capacité du LTT à détecter la résistance a été comparée au LPT, un des tests recommandés par la FAO. Pour cela, une souche de tiques sensible ainsi qu'une souche résistante de référence ont été exposées à neuf composés de cinq classes principales d'acaricides: les organophosphorés, les pyréthrénoïdes de synthèse, les amidines, les lactones macrocycliques et les phénylpyrazoles. Le LTT a permis d'obtenir de bonnes courbes de dose-réponse, et s'est montré aussi sensible que le LPT, et à mortalités équivalentes, a nécessité des doses de composés nettement plus basses que le LPT (Lovis *et al.*, 2011).

II.4. Notion de dose discriminante

Les épreuves de détermination de la résistance en fonction de la dose administrée, fondées sur une série de concentrations de produit toxique, constituent l'épreuve à utiliser en dernier ressort pour déterminer la sensibilité d'un échantillon de tiques à un produit chimique donné

et l'homogénéité de cette réponse. Toutefois, il est souvent impossible ou même inutile d'exécuter des épreuves aussi précises quand il faut contrôler la résistance à un produit chimique sur un grand nombre d'échantillons prélevés sur le terrain et quand la réponse recherchée est la confirmation ou la non-confirmation de la sensibilité à ce produit chimique. À cet effet, on a imaginé le concept de la dose discriminante. Il repose sur le principe que lorsqu'une courbe dose-mortalité peut être établie avec certitude pour une population à sensibilité homogène, on peut déterminer la concentration requise pour assurer une mortalité de 100 pour cent dans la population de larves étudiée. Si un échantillon de larves est traité avec cette concentration et si un nombre significatif de tiques survivent, c'est la preuve que des tiques résistantes sont présentes dans le lot testé. Il faut choisir avec soin la dose qui sera considérée comme la dose discriminante critique. Comme des réponses variables seront obtenues dans des épreuves distinctes, même si l'on utilise une population de tiques à sensibilité homogène, il importe que la dose discriminante représente la moyenne de plusieurs épreuves. On calcule la dose discriminante à utiliser effectivement en doublant la $DL_{99,9}$ moyenne dérivant de la série d'épreuves exécutées sur la souche sensible. Les épreuves visant à rechercher la dose discriminante doivent être conduites dans les mêmes conditions que lorsque la dose discriminante a été déterminée. L'utilisation de la technique de la dose discriminante peut être étendue, non seulement pour distinguer une population sensible d'une population résistante, mais aussi pour distinguer entre diverses souches résistantes, le degré de résistance une fois que le spectre de résistance d'une souche particulière a été déterminé (FAO, 1989). L'utilisation d'une dose discriminante pour chaque acaricide est un moyen de réduire significativement la quantité de travail requise pour savoir s'il y'a présence de résistance. L'application de la DD permet également d'estimer la proportion de la population de tiques qui est résistante: le pourcentage de tiques survivantes au traitement à la dose discriminante est alors considéré comme le pourcentage de résistance à l'acaricide. D'un point de vue pratique, le procédé est probablement une solution pragmatique. Cependant, une DD trop élevée peut tuer les individus hétérozygotes résistants et avoir comme conséquence une non mise en évidence de la résistance quand la fréquence des gènes de résistance dans une population est basse. Pour évaluer la résistance, les tiques peuvent être exposées à plusieurs doses croissantes de l'acaricide pour établir la courbe de la dose réponse à partir de laquelle les doses induisant 50 % ou 90 % de mortalité (DL) peuvent être calculées et comparées à une souche de référence sensible pour déterminer les ratios de résistance (RR) correspondants.

Chapitre II : Matériel et méthodes

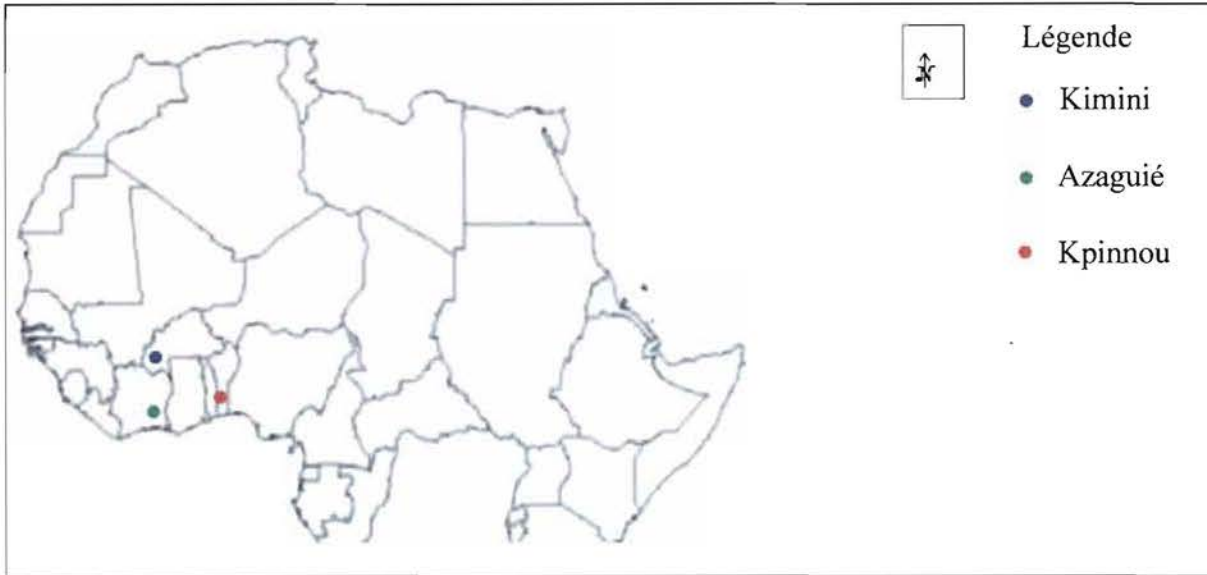
I. Matériel

I.1. Site de l'étude

Notre travail s'inscrit dans le cadre du projet régional WECATiC (Contrôle intégré des tiques et des maladies transmises émergentes en Afrique de l'Ouest et du Centre) et contribue à l'atteinte de son résultat II qui est de connaître la situation de la résistance de la tique *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* dans les zones d'étude du projet. Dans le cadre des activités du projet, des collectes de tiques ont été réalisées durant un suivi longitudinal au niveau de chacun des sites du projet.

L'équipe du projet a ainsi effectué en 2012, des collectes de femelles gorgées *R. microplus* à Kpinnou (Bénin) et à Kimini (Burkina Faso). Les tiques récoltées à Azaguié (Côte d'Ivoire) ont été envoyées au CIRDES par des partenaires du projet. Ces trois zones de collecte sont les zones où la tique *R. (Boophilus) microplus* a été détectée pour la première fois dans chacun de ces pays. Kpinnou est situé dans la commune d'Athiéme dans le département de Mono au Bénin avec pour coordonnées géographiques, 6°35'58.78"Nord et 1°44'26.84"Est. Kimini, c'est une commune rurale située dans le département de Niangoloko dans la région des Cascades (10°06'24"Nord et 4°46'50"Ouest), au Sud-Ouest du Burkina Faso et à la frontière avec la Côte d'Ivoire. Quant à Azaguié, c'est une ville de la région de l'Agneby-Tiassa située au Sud de la Côte d'Ivoire dans le département d'Agboville avec pour coordonnées géographiques, 5°38'00"Nord et 4°05'00"Ouest.

Les tiques récoltées sur le terrain ont été placées au laboratoire d'acarologie du CIRDES où elles ont été entretenues sous forme de lignées bien identifiées et caractérisées grâce à des séances de multiplication par passage sur des bovins. La souche de référence sensible *R. (Boophilus) geigy* a été récoltée à Houndé en 2005 puis testée la même année au laboratoire de diagnostic de résistance du CIRDES. Houndé est un chef-lieu de département du Burkina Faso situé dans la province de Tuy appartenant à la région des Hauts-Bassins avec pour coordonnées géographiques, 11°29'Nord et 3°31' Ouest. Les données toxicologiques de cette souche ont été utilisées comme données de référence en l'absence de souche de tique *R. microplus* sensible. La carte 2 indique les différentes zones d'étude.



Carte 2 : Zones de mise en évidence de la tique *R. microplus* en Afrique de l'Ouest

I.2. Matériel biologique

Notre matériel biologique était constitué de larves, de tiques femelles gorgées et de trois (3) génisses de race zébu. La photo 1 ci-dessous renseigne sur notre matériel biologique.



Photo 1 : (A) Génisse de race zébu à l'étable du CIRDES, (B) larves de tiques et (C) tique femelle gorgée *R. (Boophilus) microplus*

I.3. Matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire était essentiellement constitué de fermoirs en plastique, de supports en plastique, de pinceaux, de baguettes de verre pointues, de blocs de polystyrène, d'aiguilles, de ruban adhésif, de boîtes de Pétri, de béciers, de grand plateau en métal émaillé, de compteur, de pinces, d'étuves, de loupe binoculaire (de type MDG17, Art. NR. 473849), de tissus à maille fine, de micropipettes, de peson (ISO 9001, BL 210S) et de tubes gradués. La

photo 2 ci-dessous indique quelques matériels de laboratoire utilisés au cours de nos expériences.



Photo 2 : (A) Loupe binoculaire, (B) blocs de polystyrène et (C) pinces

II. Méthodes

II.1. Récolte des tiques femelles gorgées

Les tiques femelles gorgées *R. (Boophilus) microplus* ayant servi à nos expériences ont été collectées par d'autres équipes du projet WECATiC dans les trois (3) zones d'introduction en Afrique de l'Ouest. Quant aux tiques mâles, elles ont aussi été collectées dans les mêmes zones que les femelles et mises dans de l'alcool à 70 % pour l'identification morphologique (loupe binoculaire) et moléculaire (PCR : Polymerase Chain Reaction) au CIRDES. La souche de référence sensible *R. (Boophilus) geigy* a été collectée en 2005 à Houndé, une ville située environ à 100 km de Bobo-Dioulasso.

II.2. Infestation des animaux par les larves de tiques

L'infestation s'est effectuée sur trois (3) génisses à l'étable du CIRDES en fixant les tubes contenant les larves sur le dos de ces génisses à l'aide d'une corde et d'un plastique (Photo 3). Les génisses ont été infestées trois (3) fois suivant un intervalle de 3 jours entre les infestations. Les tubes ont été retirés sur ces génisses après une durée de 2 heures pour chaque infestation. Avant d'infester les génisses, elles ont été pesées avec du ruban barymétrique et marquées avec des boucles d'oreille (Photo 3). Au cours de l'infestation, les génisses ont été privées de nourriture. Chaque boxe a été identifiée avec une fiche contenant les informations relatives à la génisse parquée.

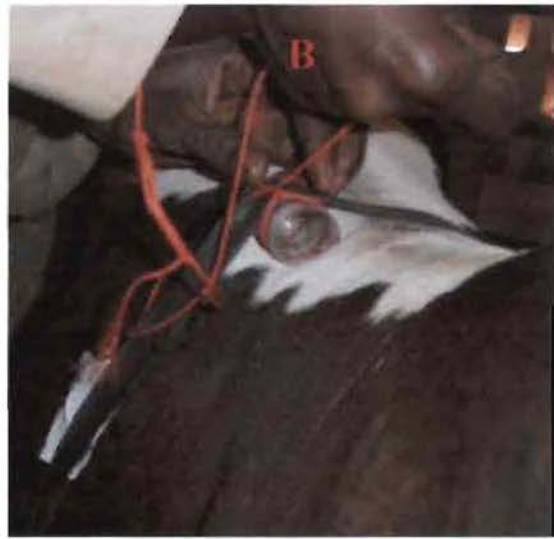


Photo 3 : (A) Pesée des bovins et (B) leur infestation par les larves de tiques à l'étable du CIRDES

À l'issue d'une période de vingt et un (21) jours, les larves ayant été utilisées pour infester les génisses, sont devenues des tiques femelles gorgées. Au moyen de tubes à maille à couvercle perforé, celles-ci ont d'une part été récoltées sur les génisses et d'autre part dans la bouse pour celles qui y sont tombées (Photo 4).

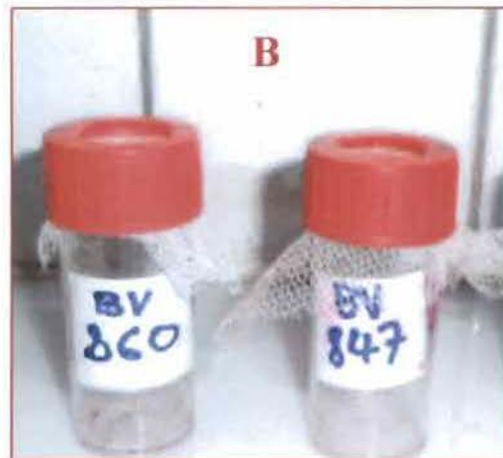


Photo 4 : (A) Récolte de tiques femelles gorgées dans la bouse et (B) tubes refermés avec un couvercle perforé et un filet avec des mailles fines

II.3. Préparation des tiques à la ponte et élevage

Après la récolte, les tiques ont été transférées au laboratoire d'élevage de tiques pour la ponte. Les œufs ont été récoltés pendant 3 à 4 jours après la mise en ponte et pesés pour être mis dans des tubes couverts de tissus à maille fine à raison de 0,5 g par tube (Photo 5). La loupe binoculaire a été utilisée pour vérifier l'état de l'éclosion des larves (Annexe 4). Les larves issues de l'éclosion ont servi au maintien de la lignée et aux différents tests toxicologiques. Les œufs et les tubes contenant les larves ont été conservés dans des étuves à une température de $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ et une hygrométrie de $90\pm 5\%$ (Photo 5). Chaque jour, nous relevons la température et l'hygrométrie se trouvant à l'intérieur des étuves afin de suivre l'élevage des larves.



Photo 5 : (A) Pesée des œufs de tiques et (B) conservation des œufs à l'étuve au laboratoire d'élevage

II.4. Diagnostic de la résistance des tiques aux acaricides

II.4. 1. Méthode du Larval Packet Test (LPT)

II.4.1.1. Dilution

Les différentes étapes de la dilution ont été effectuées selon le protocole élaboré et validé par la FAO (2004), lequel protocole a servi à évaluer le niveau de résistance-sensibilité des tiques *R. (Boophilus) microplus* à cinq (5) molécules acaricides : deltaméthrine, cyperméthrine, alphacyperméthrine, chlorpyrifos et amitraz. Conformément aux recommandations de la FAO (2004), les acaricides purs ont été utilisés pour réaliser cette méthode de référence. Les

acaricides ont été dilués en cascade, en allant de la solution mère à la moins concentrée (Photo 6). Ils ont été testés sur des larves âgées de 14 à 21 jours.



Photo 6 : Dilution d'acaricide au laboratoire de diagnostic de résistance du CIRDES

Quatorze (14) doses, incluant celle du contrôle (uniquement solvant), ont été préparées pour chaque test et chaque dose a eu trois (3) répétitions. Au moyen d'une micropipette, un volume de 0,67 ml de chaque dilution a été appliqué à un papier filtre whatman (Cat. N° 3001 917) de dimension 8,5 x 7,5 cm. L'imprégnation des papiers filtres whatman s'est faite de la plus faible dose à la plus forte. Les papiers ont ensuite été séchés sous une hotte pendant 2 heures afin de laisser évaporer le trichloréthylène puis emballés avec du papier aluminium et gardés au réfrigérateur à +4°C. Pour chaque test, deux papiers filtres whatman imprégnés d'acaricide ont été utilisés par concentration. Chaque solution a été homogénéisée à l'aide d'un agitateur. La photo 7 ci-dessous montre le mode d'imprégnation des papiers filtres whatman.



Photo 7 : Mode d'imprégnation des papiers whatman au laboratoire de diagnostic de résistance

Pour la dilution de chaque acaricide, une solution stock à x % a été préparée pour un volume final de 20 ml (solvant + produit). La formule suivante a servi au calcul du poids du produit à prélever :

$$\text{Poids du produit à prélever (g)} = \frac{x}{\% \text{ pureté}} \times \frac{20}{3}$$

où x = % de la plus forte concentration, 20 = volume final et 3 = constante

II.4.1.2. Paquetage et contrôle de la mortalité

Le tube contenant les larves a été placé dans un béccher lui-même posé sur deux boîtes de Pétri de tailles différentes dont la plus petite à l'intérieur de la plus grande baignant dans de l'eau (Annexe 5). Le tube est ouvert quelques minutes avant la mise en paquet pour permettre aux larves de monter vers les rebords. Ensuite, les papiers aluminium contenant les papiers imprégnés d'acaricide ont été ouverts et au moyen de deux pinces, chaque papier a été plié en deux. Après le pli du papier, nous avons fait glisser soigneusement sur chaque côté dudit papier un fermoir en partant du pli pour s'arrêter à environ un centimètre de l'extrémité ouverte. À l'aide d'un pinceau, un nombre d'environ 100 larves de tiques ont été prélevées et mises à l'intérieur des différents papiers imprégnés d'acaricide. La partie ouverte a été fermée par la suite avec un troisième fermoir. Après avoir procédé ainsi pour toutes les concentrations, l'ensemble des tubes a été placé dans une étuve pendant 24 heures à une température de $28 \pm 1^\circ\text{C}$ et une hygrométrie de $90 \pm 5\%$. Après ces 24 heures, les différents papiers paquetés sont sortis de l'étuve afin de contrôler la mortalité des larves de tiques. Chaque papier ouvert a été fixé sur un bloc de polystyrène à l'aide de deux (2) aiguilles. Pour éviter que les larves vivantes ne s'échappent, elles ont été comptées en premier puis ensuite celles mortes ont été dénombrées. L'opération s'est effectuée de la plus petite concentration à la plus grande. Seules les larves capables de se déplacer ont été considérées comme vivantes. À l'aide de fiches de relevé (Annexe 6), les différentes mortalités issues du contrôle ont été enregistrées. La photo 8 ci-dessous indique le paquetage et le contrôle de la mortalité des larves de tiques.



Photo 8 : (A) Paquetage et (B) contrôle de la mortalité des larves

Les séries de dilution des différents acaricides purs auxquelles les échantillons de terrain ont été exposés au cours de nos essais sont consignés dans le tableau I ci-dessous. Ces séries de dilution ont été élaborées en s'inspirant de celles utilisées par Crampton *et al.* (1999) et bien d'autres auteurs.

Tableau I : Différentes séries de dilution appliquées aux cinq (5) acaricides purs

Acaricides (IA)	% pureté	Famille chimique	Échantillon	Séries de dilution (%)
Alphacyperméthrine	95	Pyréthrénoïde de synthèse	Houndé	0,00312 ; 0,00625 ; 0,0125 ; 0,025 ; 0,05 ; 0,1
			Kimini	0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2
			Kpinnou	0,0937 ; 0,187 ; 0,375 ; 0,75 ; 1,5 ; 3
			Azaguié	0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 4
Amitraz	98	Amidine	Houndé	0,00256 ; 0,00512 ; 0,0102 ; 0,0205 ; 0,041 ; 0,082
			Kimini	0,0312 ; 0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1
			Kpinnou	0,0312 ; 0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1
			Azaguié	0,0312 ; 0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1
Cyperméthrine	99,5	Pyréthrénoïde de synthèse	Houndé	0,00156 ; 0,00312 ; 0,00625 ; 0,0125 ; 0,025 ; 0,05
			Kimini	0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2
			Kpinnou	0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2
			Azaguié	0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2

Deltaméthrine	99,5	Pyréthrénoïde de synthèse	Houndé	0,00281 ; 0,00562 ; 0,0112 ; 0,0225 ; 0,045 ; 0,09
			Kimini	0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2
			Kpinnou	0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2
			Azaguié	0,0625 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2
Chlorpyriphos	99	Organophosphoré	Houndé	0,0025 ; 0,005 ; 0,01 ; 0,02 ; 0,04 ; 0,08
			Kimini	0,039 ; 0,078 ; 0,156 ; 0,312 ; 0,625 ; 1,25
			Kpinnou	0,039 ; 0,078 ; 0,156 ; 0,312 ; 0,625 ; 1,25
			Azaguié	0,039 ; 0,078 ; 0,156 ; 0,312 ; 0,625 ; 1,25

Souche de référence sensible : Houndé ; Échantillons de terrain : Kimini, Kpinnou et Azaguié ; IA : ingrédient actif

II.4.2. Méthode de la Dose discriminante (DD)

Une autre partie de notre travail a consisté à diagnostiquer avec cette seconde méthode la résistance des tiques à cinq (5) molécules issues d'acaricides commerciaux : fipronil, amitraz, deltaméthrine, chlorpyriphos et fluméthrine au laboratoire de diagnostic de résistance du CIRDES sur l'échantillon de terrain Azaguié. Ces acaricides achetés dans le commerce ont été utilisés pour réaliser ce test. Ils étaient respectivement concentrés à 1 %, 12,5 %, 1 %, 48 % et 1 % pour le fipronil, l'amitraz, la deltaméthrine, le chlorpyriphos et la fluméthrine. La dilution de ces acaricides commerciaux s'est effectuée sur la base de la dose discriminante d'après FAO (2004) et bien d'autres auteurs pour chaque acaricide (Annexe 8). Après la dilution, les larves de tiques ont été exposées aux papiers imprégnés d'acaricides pour diagnostiquer la résistance. La formule suivante a été utilisée pour le calcul du volume initial du produit à prélever :

$$\text{Volume du produit à prélever (ml)} = \frac{\text{concentration finale} \times \text{volume finale}}{\text{concentration initiale}}$$

Le tableau II ci-dessous renseigne sur les séries de dilution des différents acaricides commerciaux appliqués à l'échantillon de terrain Azaguié.

Tableau II : Différentes séries de dilution appliquées aux cinq (5) acaricides commerciaux

Acaricides	Formulation	C.initiale (%)	C.finale (%)	DD (%)	Séries de dilution (%)	V.initial (ml)	V.final (ml)	V.à compléter (ml)
Fipronil	Spray	1	0,12	0,06	0,12 - 0,06 - 0,03	2,4	20	17,6
Chlorpyrifos	EC	48	2	1	2 - 1 - 0,5	0,8	20	19,2
Deltaméthrine	Pour-on	1	0,12	0,06	0,12 - 0,06 - 0,03	2,4	20	17,6
Amitraz	EC	12,50	0,8	0,4	0,8 - 0,4 - 0,2	1,3	20	18,7
Fluméthrine	Pour-on	1	0,04	0,02	0,04 - 0,02 - 0,01	0,8	20	19,2

C : concentration ; DD : dose discriminante ; V : volume ; EC : concentration émulsifiante

II.5. Analyse des données

Les données recueillies ont été dépouillées et traitées à l'aide de Microsoft Excel 2010 et du logiciel PoloPlus (version 1.0. 2003). L'analyse probit des données des tests toxicologiques a été faite à l'aide du logiciel PoloPlus (version 1.0. 2003). Le modèle de log probit estimé par PoloPlus est illustré par une ligne de régression représentant la relation entre le pourcentage de mortalité des larves et la dose d'acaricide testé (Annexe 7). Pour chaque test, les paramètres suivants ont été évalués : les $DL_{50,90}$ et les $RR_{50,90}$. Les ratios de résistance ($DL_{50,90}$ de l'échantillon de terrain/ $DL_{50,90}$ de la souche de référence sensible) ont été calculés par rapport à la souche de référence sensible en estimant l'intervalle de confiance à 95 % pour chaque ratio basé sur les estimations des intercepts et pentes des droites de régression et les estimations de leur variance-covariance (Robertson et Preisler, 1992). Les différences ont été significatives lorsque le chiffre 1 était exclu de l'intervalle de confiance des ratios de résistance. Trois classes basées sur des valeurs de ratio de résistance selon Lovis (2012) ont été considérées pour souligner l'intensité du niveau de la résistance. Les populations ayant un $RR \leq 4$ ont été considérées comme sensibles à l'acaricide testé ; pour $4 < RR \leq 10$, les populations ont été considérées comme modérément résistantes ; et lorsque $RR > 10$, les populations sont considérées comme fortement résistantes. Dans le LPT, les doses discriminantes des différentes molécules acaricides ont été calculées en posant $2 \times DL_{99}$ de la souche de référence sensible Houndé 2005. En fonction de ces différentes doses discriminantes et celles obtenues dans la littérature (Annexe 8), la résistance des trois (3) échantillons de terrain a été diagnostiquée.

Par ailleurs, en utilisant des acaricides commerciaux aux dilutions successives, les doses discriminantes ont été estimées afin de déterminer le statut sensible ou résistant des échantillons de terrain. Ainsi, le statut de résistance-sensibilité de l'échantillon de terrain Azaguié aux différentes molécules acaricides a été déterminé en fonction de leur dose discriminante. Dans les cas où 100 % de mortalité n'a pas été obtenue à la DD de l'acaricide utilisé, l'échantillon a été considéré comme résistant à cet acaricide. Mais dans les cas où 100 % de mortalité a été obtenue à la DD de l'acaricide utilisé, l'échantillon a été considéré comme sensible à cet acaricide.

Pour le calcul de la moyenne des mortalités et celui de la mortalité moyenne, les formules suivantes d'Abbott ont été appliquées :

$$\text{Mortalité} = \frac{\text{Larves mortes}}{\text{Larves total}} \times 100$$

$$\text{Mortalité moyenne} = \frac{\text{Mortalité 1} + \text{Mortalité 2}}{2} \times 100$$

Dans une épreuve lorsque la mortalité des témoins dépasse 10 %, cette épreuve ne doit pas être prise en compte. Dans les épreuves où les mortalités des témoins dépassent au moins 5 %, la formule suivante d'Abbott (1987) pour le calcul de la mortalité corrigée doit être appliquée :

$$\text{Mortalité corrigée} = \frac{\% \text{ de mortalité dans l'épreuve} - \% \text{ de mortalité des témoins}}{100\% - \% \text{ de mortalité des témoins}} \times 100$$

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Résultats

I.1. Méthode du Larval Packet Test (LPT)

Le test biologique LPT a été utilisé pour évaluer la résistance des populations de tiques *R. microplus* de terrain à l'alphacyperméthrine, à l'amitraz, à la cyperméthrine, à la deltaméthrine et au chlorpyrifos. La courbe de mortalité dose-réponse a été obtenue pour tous les acaricides utilisés avec ce test biologique de référence (Annexe 7). D'une part, les doses discriminantes ont été déterminées pour voir s'il y a présence de résistance ou pas, et d'autre part, la présence de résistance a été déterminée en se basant sur les ratios de résistance $RR_{50,90}$. Les doses discriminantes obtenues ont montré une forte résistance des trois échantillons de terrain aux cinq (5) molécules acaricides, et cela du fait que 100 % de mortalité n'a pas été atteinte à ces différentes doses. Les trois échantillons de terrain ont également été fortement résistants à toutes les molécules acaricides avec des ratios de résistance supérieurs à 10.

Les résultats de l'analyse probit des données de dose-mortalité de la deltaméthrine, de l'alphacyperméthrine, de la cyperméthrine, du chlorpyrifos et de l'amitraz sur une souche sensible et trois échantillons de terrain sont résumés dans les tableaux III, IV, V, VI et VII, respectivement. Par rapport à la souche de référence sensible Houndé 2005, les trois (3) échantillons de terrain ont des niveaux relativement forts de résistance aux cinq (5) molécules acaricides.

I.1.1. Deltaméthrine

La DL_{50} varie de 0,019 à 1,700 %. La souche de référence sensible Houndé a une DL_{50} de 0,019 % (0,016-0,024) à 95 % d'IC. Elle est plus petite que celle des trois échantillons de terrain. Parmi les trois échantillons de terrain testés, c'est l'échantillon de terrain Kimini qui a enregistré la plus grande $DL_{50,90}$ et celui d'Azaguié, la plus petite. L'échantillon de terrain Kimini a sa DL_{50} située entre 1,439 et 2,084 % à 95 % d'IC et est de 1,700 %. Pour ce qui est de celui de Kpinnou, il a une DL_{50} de 1,543 % comprise entre 1,351 et 1,803 % à 95 % d'IC. Quant à l'échantillon de terrain Azaguié, il a enregistré une DL_{50} de 1,420 % (1,188-1,766) à 95 % IC. Les valeurs des DL_{50} et RR_{50} ont été comparées à celles des DL_{90} et RR_{90} pour ne pas sous-estimer la résistance à son émergence. La DL_{90} varie de 0,037 à 9,609 %. La souche de référence sensible Houndé a la plus faible DL_{90} (0,037 %) comprise entre 0,029 et 0,054 % à 95 % d'IC. L'échantillon de terrain Kimini a une DL_{90} de 9,609 % (6,787-15,119) à 95 %

d'IC. En ce qui concerne celui de Kpinnou, il a une DL₉₀ de 9,080 % comprise entre 6,787 et 13,075 % à 95 % d'IC. Quant à l'échantillon de terrain Azaguié, il a une DL₉₀ de 8,721 % (6,003-14,310) à 95 % IC. RR₅₀ et RR₉₀ de l'échantillon de terrain Azaguié sont respectivement 73,49 (48,9-110,5) et 237,46 (151,7-371,7) à 95 % IC. Ceux de l'échantillon de terrain Kpinnou sont respectivement de 79,85 (54,3-117,3) et 247,30 (168,7-362,6) à 95 % IC. En ce qui concerne celui de Kimini, il a pour RR₅₀ = 87,88 (59,0-131,0) et RR₉₀ = 261,61 (172,3-397,2) à 95 % IC. Dans chacun des cas susmentionnés, le chiffre 1 est exclu de l'intervalle de confiance des RR_{50,90}. Ce qui traduit que les différences sont significatives. Les trois (3) échantillons de terrain ont leurs ratios de résistance supérieurs à 10 et sont donc tous fortement résistants à la deltaméthrine.

Tableau III : Résultats de diagnostic de la résistance des tiques *R. microplus* à la deltaméthrine

Echantillon	Pente (±ES)	DL ₅₀ (95% IC)	RR ₅₀ (95% IC)	DL ₉₀ (95% IC)	RR ₉₀ (95% IC)	X ² (ddl)
Houndé	4,60±0,2	0,019 (0,016-0,023)	-	0,037 (0,029-0,054)	-	69,7 (10)
Kimini	1,70±0,1	1,700 (1,439-2,084)	87,88 (59,0-131,0)	9,609 (6,787-15,119)	261,61 (172,3-397,2)	5,2 (10)
Kpinnou	1,66±0,1	1,543 (1,351-1,803)	79,85 (54,3-117,3)	9,080 (6,787-13,075)	247,30 (168,7-362,6)	6,9 (10)
Azaguié	1,62±0,1	1,420 (1,188-1,766)	73,49 (48,9-110,5)	8,721 (6,003-14,310)	237,46 (151,7-371,7)	4,6 (10)

DL (%) : dose létale ; RR : ratio de résistance ; IC : intervalle de confiance ; - : non disponible ; ES : erreur standard ; ddl : degrés de liberté ; X² : Chi-2

I.1.2. Alphacyperméthrine

La DL₅₀ varie de 0,031 à 1,627 %. La souche de référence sensible Houndé a une DL₅₀ de 0,031 % et est comprise entre 0,026 et 0,038 à 95 % d'IC. Elle est plus petite que celle des trois échantillons de terrain. Parmi les trois échantillons de terrain testés, c'est l'échantillon de terrain Azaguié qui a enregistré la plus grande DL_{50,90} et celui de Kimini, la plus petite. L'échantillon de terrain Azaguié a une DL₅₀ située entre 1,404 et 1,945 % à 95 % d'IC et est de 1,627 %. Celui de Kpinnou a une DL₅₀ de 1,244 % comprise entre 1,084 et 1,448 % à 95 % d'IC. L'échantillon de terrain Kimini, quant à lui, a pour DL₅₀ = 0,952 (0,859-1,066) à 95 % IC. Les valeurs des DL₅₀ et RR₅₀ ont été comparées à celles des DL₉₀ et RR₉₀ pour ne pas sous-estimer la résistance à son émergence. La DL₉₀ varie de 0,076 à 7,479 %. La souche de référence sensible Houndé a la plus petite DL₉₀ (0,076 %) comprise entre 0,059 et 0,111 % à 95 % d'IC. L'échantillon de terrain Azaguié a une DL₉₀ de 7,479 % comprise entre 5,417 et 11,692 % à 95 % d'IC. Pour ce qui est de l'échantillon de terrain Kpinnou, il a une DL₉₀ de

5,021 % comprise entre 3,893 et 6,998 % à 95 % d'IC. Quant à l'échantillon de terrain Kimini, il a sa DL₉₀ comprise entre (2,949-4,584) à 95 % IC et est de 3,596 %. RR₅₀ et RR₉₀ de l'échantillon de terrain Kimini sont respectivement de 30,50 (23,4-39,7) et 47,11 (35,8-61,9) à 95 % IC. Ceux de l'échantillon de terrain Kpinnou sont respectivement de 39,90 (30,8-51,6) et 65,82 (52,2-83,0) à 95 % IC. Quant à l'échantillon de terrain Azaguié, il a pour RR₅₀ = 52,15 (40,4-67,3) et RR₉₀ = 97,95 (78,3-122,6) à 95 % IC. Dans chacun des cas susmentionnés, le chiffre 1 est exclu de l'intervalle de confiance des RR_{50,90}. Ce qui traduit que les différences sont significatives. Les trois (3) échantillons de terrain ont leurs ratios de résistance supérieurs à 10 et sont donc tous fortement résistants à l'alphacyperméthrine.

Tableau IV : Résultats de diagnostic de la résistance des tiques *R. microplus* à l'alphacyperméthrine

Echantillon	Pente (±ES)	DL ₅₀ (95% IC)	RR ₅₀ (95% IC)	DL ₉₀ (95% IC)	RR ₉₀ (95% IC)	X ² (ddl)
Houndé	3,30±0,1	0,031 (0,026-0,038)	-	0,076 (0,059-0,111)	-	57,27 (10)
Kimini	2,22±0,1	0,952 (0,859-1,066)	30,50 (23,4-39,7)	3,596 (2,949-4,584)	47,11 (35,8-61,9)	6,36 (10)
Kpinnou	2,12±0,1	1,244 (1,084-1,448)	39,90 (30,8-51,6)	5,021 (3,893-6,998)	65,82 (52,2-83,0)	18,07 (10)
Azaguié	1,93±0,1	1,627 (1,404-1,945)	52,15 (40,4-67,3)	7,479 (5,417-11,692)	97,95 (78,3-122,6)	17,28 (9)

DL (%) : dose létale ; RR : ratio de résistance ; IC : intervalle de confiance ; - : non disponible ; ES : erreur standard ; ddl : degrés de liberté ; X² : Chi-2

I.1.3. Cyperméthrine

La DL₅₀ varie de 0,015 à 0,942 %. La souche de référence sensible Houndé enregistre la plus petite DL₅₀ par rapport aux trois échantillons de terrain. Elle est de 0,015 % et est comprise entre 0,013 et 0,018 à 95 % d'IC. Parmi les trois échantillons de terrain testés, c'est l'échantillon de terrain Azaguié qui a enregistré la plus grande DL_{50,90} et celui de Kimini, la plus petite. L'échantillon de terrain Azaguié a pour DL₅₀ = 0,942 % (0,839-1,076) à 95 % d'IC. Celui de Kpinnou a une DL₅₀ de 0,915 % (0,816-1,041) à 95 % d'IC. En ce qui concerne l'échantillon de terrain Kimini, il a une DL₅₀ de 0,829 (0,747-0,927) à 95 % IC. Les valeurs des DL₅₀ et RR₅₀ ont été comparées à celles des DL₉₀ et RR₉₀ pour ne pas sous-estimer la résistance à son émergence. La DL₉₀ varie de 0,025 à 4,267 % et c'est la souche de référence sensible Houndé qui a la plus petite DL₉₀ (0,025 %) comprise entre 0,020 et 0,041 à 95 % d'IC. L'échantillon de terrain Azaguié a sa DL₉₀ est de 4,267 % (3,345-5,784) à 95 % d'IC. Celui de Kpinnou a une DL₉₀ de 4,179 % comprise entre 3,286 et 5,654 % à 95 % d'IC. Pour ce qui est de l'échantillon de terrain Kimini, il a une DL₉₀ de 3,920 (3,180-5,050) à 95 %

IC. RR₅₀ et RR₉₀ de l'échantillon de terrain Kimini sont respectivement de 56,43 (35,3-90,2) et 158,49 (100,8-249,1) à 95 % IC. Ceux de l'échantillon de terrain Kpinnou sont respectivement 62,31 (39,0-99,6) et 168,95 (107,5-265,6) à 95 % IC. L'échantillon de terrain Azaguié, quant à lui, a pour RR₅₀ = 65,61 (41,0-104,9) et RR₉₀ = 173,06 (110,5-271,0) à 95 % IC. Dans chacun des cas susmentionnés, le chiffre 1 est exclu de l'intervalle de confiance des RR_{50,90}. Ce qui traduit que les différences sont significatives. Les trois (3) échantillons de terrain ont leurs ratios de résistance supérieurs à 10 et sont donc tous fortement résistants à la cyperméthrine.

Tableau V : Résultats de diagnostic de la résistance des tiques *R. microplus* à la cyperméthrine

Echantillon	Pente (±ES)	DL ₅₀ (95% IC)	RR ₅₀ (95% IC)	DL ₉₀ (95% IC)	RR ₉₀ (95% IC)	X ² (ddl)
Houndé	5,67±0,3	0,015 (0,013-0,018)	-	0,025 (0,020-0,041)	-	103,14 (10)
Kimini	1,90±0,1	0,829 (0,747-0,927)	56,43 (35,3-90,2)	3,920 (3,180-5,050)	158,49 (100,8-249,1)	7,12 (10)
Kpinnou	1,94±0,1	0,915 (0,816-1,041)	62,31 (39,0-99,6)	4,179 (3,286-5,654)	168,95 (107,5-265,6)	10,03 (10)
Azaguié	1,98±0,1	0,942 (0,839-1,076)	65,61 (41,0-104,9)	4,267 (3,345-5,784)	173,06 (110,5-271,0)	9,73 (10)

DL (%) : dose létale ; RR : ratio de résistance ; IC : intervalle de confiance ; - : non disponible ; ES : erreur standard ; ddl : degrés de liberté ; X² : Chi-2

I.1.4. Amitraz

La DL₅₀ varie de 0,018 à 0,280 %. La souche de référence sensible Houndé possède la DL₅₀ la plus faible et est de 0,018 % (0,015-0,021) à 95 % d'IC. Parmi les trois échantillons de terrain testés, c'est l'échantillon de terrain Azaguié qui a enregistré la plus grande DL_{50,90} et celui de Kpinnou, la plus petite. L'échantillon de terrain Azaguié a une DL₅₀ de 0,280 % (0,250-0,317) à 95 % d'IC. Celui de Kimini a une DL₅₀ de 0,250 % (0,218-0,287) à 95 % d'IC. Pour ce qui est de l'échantillon de terrain Kpinnou, il a pour DL₅₀ = 0,231 (0,197-0,272) à 95 % IC. Les valeurs des DL₅₀ et RR₅₀ ont été comparées à celles des DL₉₀ et RR₉₀ pour ne pas sous-estimer la résistance à son émergence. La DL₉₀ varie de 0,033 à 0,947 %. La souche de référence sensible Houndé a la plus petite DL₉₀ = 0,033 % (0,026-0,048) à 95 % d'IC. L'échantillon de terrain Azaguié a pour DL₉₀ = 0,947 (0,773-1,223) à 95 % d'IC. En ce qui concerne celui de Kimini, il a une DL₉₀ de 0,832 (0,670-1,105) à 95 % d'IC. Quant à celui de Kpinnou, il possède une DL₉₀ de 0,749 (0,587-1,044) à 95 % IC. RR₅₀ et RR₉₀ de l'échantillon de terrain Kpinnou sont respectivement de 13,14 (9,4-18,4) et 22,66 (16,5-31,2)

à 95 % IC. Celui de Kimini a pour $RR_{50} = 14,18$ (10,1-19,9) et $RR_{90} = 25,18$ (18,2-34,8) à 95 % IC. L'échantillon de terrain Azaguié, quant à lui, a pour $RR_{50} = 15,90$ (11,3-22,4) et $RR_{90} = 28,65$ (20,3-40,5) à 95 % IC. Dans chacun des cas susmentionnés, le chiffre 1 est exclu de l'intervalle de confiance des $RR_{50,90}$. Ce qui traduit que les différences sont significatives. Les trois (3) échantillons de terrain ont leurs ratios de résistance supérieurs à 10 et sont donc tous fortement résistants à l'amitraz.

Tableau VI : Résultats de diagnostic de la résistance des tiques *R. microplus* à l'amitraz

Echantillon	Pente (±ES)	DL ₅₀ (95% IC)	RR ₅₀ (95% IC)	DL ₉₀ (95% IC)	RR ₉₀ (95% IC)	X ² (ddl)
Houndé	4,70±0,2	0,018 (0,015-0,021)	-	0,033 (0,026-0,048)	-	82,09 (10)
Kimini	2,45±0,1	0,250 (0,218-0,287)	14,18 (10,1-19,9)	0,832 (0,670-1,105)	25,18 (18,2-34,8)	28,67 (10)
Kpinnou	2,51±0,1	0,231 (0,197-0,272)	13,14 (9,4-18,4)	0,749 (0,587-1,044)	22,66 (16,5-31,2)	40,38 (10)
Azaguié	2,42±0,1	0,280 (0,250-0,317)	15,90 (11,3-22,4)	0,947 (0,773-1,223)	28,65 (20,3-40,5)	10,99 (9)

DL (%) : dose létale ; RR : ratio de résistance ; IC : intervalle de confiance ; - : non disponible ; ES : erreur standard ; ddl : degrés de liberté ; X² : Chi-2

I.1.5. Chlorpyrifos

La DL₅₀ varie de 0,020 à 0,301 % avec la souche de référence sensible Houndé à la plus petite DL₅₀ = 0,020 % (0,016-0,025) à 95 % IC. Parmi les trois échantillons de terrain testés, c'est l'échantillon de terrain Azaguié qui a enregistré la plus grande DL_{50,90} et celui de Kpinnou, la plus petite. L'échantillon de terrain Azaguié a pour DL₅₀ = 0,301 % (0,263-0,346) à 95 % d'IC. Celui de Kimini a une DL₅₀ de 0,281 % (0,250-0,315) à 95 % d'IC. L'échantillon de terrain Kpinnou, quant à lui, enregistre une DL₅₀ de 0,266 % (0,236-0,300) à 95 % IC. Les valeurs des DL₅₀ et RR₅₀ ont été comparées à celles des DL₉₀ et RR₉₀ pour ne pas sous-estimer la résistance à son émergence. La DL₉₀ varie de 0,040 à 1,069 %. La souche de référence sensible Houndé a la plus petite DL₉₀ (0,040 %) comprise entre 0,030 et 0,068 à 95 % d'IC. L'échantillon de terrain Azaguié a une DL₉₀ de 1,069 % (0,852-1,434) à 95 % IC. Pour ce qui est de l'échantillon de terrain Kimini, il a une DL₉₀ de 1,058 % (0,879-1,330) à 95 % d'IC. L'échantillon de terrain Kpinnou, quant à lui, a pour DL₉₀ = 0,939 (0,781-1,175) à 95 % IC. RR₅₀ et RR₉₀ de l'échantillon de terrain Kpinnou sont respectivement de 13,52 (9,8-18,6) et 23,19 (17,0-31,6) à 95 % IC. L'échantillon de terrain Kimini a pour RR₅₀ = 14,27 (10,4-19,6) et RR₉₀ = 26,14 (19,2-35,6) à 95 % IC. Celui d'Azaguié quant à lui, a pour RR₅₀ =

15,28 (11,1-21,0) et $RR_{90} = 26,41$ (19,2-36,3) à 95 % IC. Dans chacun des cas susmentionnés, le chiffre 1 est exclu de l'intervalle de confiance des $RR_{50,90}$. Ce qui traduit que les différences sont significatives. Les trois (3) échantillons de terrain ont leurs ratios de résistance supérieurs à 10 et sont donc tous fortement résistants au chlorpyrifos.

Tableau VII : Résultats de diagnostic de la résistance des tiques *R. microplus* au chlorpyrifos

Echantillon	Pente (±ES)	DL ₅₀ (95% IC)	RR ₅₀ (95% IC)	DL ₉₀ (95% IC)	RR ₉₀ (95% IC)	X ² (ddl)
Houndé	4,10±0,2	0,020 (0,016-0,025)	-	0,040 (0,030-0,068)	-	116,1 (10)
Kimini	2,22±0,1	0,281 (0,250-0,315)	14,27 (10,4-19,6)	1,058 (0,879-1,330)	26,14 (19,2-35,6)	15,7 (10)
Kpinnou	2,34±0,1	0,266 (0,236-0,300)	13,52 (9,8-18,6)	0,939 (0,781-1,175)	23,19 (17,0-31,6)	15,2 (10)
Azaguié	2,33±0,1	0,301 (0,263-0,346)	15,28 (11,1-21,0)	1,069 (0,852-1,434)	26,41 (19,2-36,3)	17,3 (9)

DL (%) : dose létale ; RR : ratio de résistance ; IC : intervalle de confiance ; - : non disponible ; ES : erreur standard ; ddl : degrés de liberté ; X² : Chi-2

I.1.6. Mortalité des tiques *R. microplus* aux différentes doses discriminantes

Les concentrations ayant été utilisées au cours de nos essais ont varié de 0,00156 à 4 %. Pour chacun des acaricides utilisés, aucune mortalité n'a été enregistrée à la plus faible concentration tant chez la souche de référence sensible que chez les échantillons de terrain. Chez la souche de référence sensible, 100 % de mortalité a été enregistrée à la plus haute concentration pour chacun des acaricides concernés. Pour ce qui est des échantillons de terrain, 100 % de mortalité n'a pas été atteinte à la plus haute concentration pour chacun des acaricides concernés sauf dans le cas de l'amitraz. La dose discriminante de chacun des acaricides en question a été calculée par la formule $2xDL_{99}$ de la souche de référence sensible Houndé. À ces différentes doses, 100 % de mortalité n'a pas été obtenue. Ces mortalités ont été comparées à celles survenues aux doses discriminantes obtenues dans la littérature. À ces différentes doses également, 100 % de mortalité n'a pas été atteinte. Ce qui traduit que les trois (3) échantillons de terrain sont résistants aux différentes molécules acaricides. L'échantillon de terrain Kpinnou a enregistré le taux de mortalité le plus élevé à la DD de la souche de référence sensible Houndé 2005 avec 31 % et à la DD de la littérature avec 75 % dans le cas du chlorpyrifos. Par contre, le plus faible taux de mortalité a été enregistré au niveau de l'échantillon de terrain Azaguié avec 1 % à la DD de la souche de référence sensible Houndé 2005 dans le cas de la cyperméthrine ; et à la DD de la littérature, c'est au

niveau des trois échantillons de terrain que le plus faible taux de mortalité a été enregistré avec 0 % dans le cas de la deltaméthrine. Le tableau VIII ci-dessous indique la mortalité des larves de tiques en fonction des doses discriminantes.

Tableau VIII : Mortalité des tiques *R. microplus* en fonction des doses discriminantes

Acaricides (IA)	Origine des tiques	Haute concentration (%)	Mortalité haute concentration (%)	Mortalité 2xDL ₉₉ (%)	2xDL ₉₉ souche référence sensible (%)	Mortalité DD littérature (%)	DD littérature (%)
Amitraz	Kimini	1	98	23		60	
	Kpinnou	1	100	25	0,11	62	0,40
	Azaguié	1	95	20		58	
Chlorpyrifos	Kimini	1,25	92	29		74	
	Kpinnou	1,25	94	31	0,15	75	1,00
	Azaguié	1,25	90	27		72	
Deltaméthrine	Kimini	2	52	2		0	
	Kpinnou	2	56	3	0,12	0	0,06
	Azaguié	2	58	5		0	
Cyperméthrine	Kimini	2	73	4		14	
	Kpinnou	2	70	2	0,08	11	0,20
	Azaguié	2	69	1		10	
Alphacyperméthrine	Kimini	2	79	13		25	
	Kpinnou	3	84	12	0,32	19	0,50
	Azaguié	4	87	11		16	

IA : ingrédient actif ; 2xDL₉₉ souche de référence sensible Houndé : dose discriminante (DD)

I.2. Méthode de la Dose Discriminante (DD)

Les cinq (5) molécules acaricides (op. cit.) auxquelles l'échantillon de terrain Azaguié a également été exposé au laboratoire de diagnostic de résistance du CIRDES sont issues d'acaricides commerciaux. Les larves de tiques sur lesquelles les tests ont été effectués avaient 19 jours d'âge. Parmi les cinq (5) acaricides commerciaux, l'échantillon de terrain Azaguié s'est avéré résistant à la fluméthrine et à la deltaméthrine. Ces deux molécules acaricides avaient pour doses discriminantes respectives, 0,02 et 0,06 %. À ces différentes doses respectives, 100 % de mortalité n'a pas été atteinte. Quant aux trois (3) autres acaricides à savoir l'amitraz, le fipronil et le chlorpyrifos, l'échantillon a présenté une sensibilité. Les

doses discriminantes respectives de ces trois (3) acaricides étaient 0,4 ; 0,06 et 1 % et à ces différentes doses, 100 % de mortalité a été enregistrée. Le tableau IX ci-dessous montre le statut de la résistance des tiques *R. (Boophilus) microplus* aux molécules acaricides.

Tableau IX : Statut de résistance des tiques *R. (Boophilus) microplus* Azaguié aux molécules acaricides en fonction de leurs doses discriminantes

Acaricides (IA)	Famille chimique	DD (%)	Doses (%)			Mortalité (%)			Statut de résistance
			D1	D2	D3				
Amitraz	Amidine	0,40	0,20	0,40	0,80	99	100	100	sensible
Deltaméthrine	Pyréthrénoïde de synthèse	0,06	0,03	0,06	0,12	2	12	27	résistante
Fipronil	Phénylpyrazole	0,06	0,03	0,06	0,12	97	100	100	sensible
Fluméthrine	Pyréthrénoïde de synthèse	0,02	0,01	0,02	0,04	2	5	39	résistante
Chlorpyrifos	Organophosphoré	1,00	0,50	1,00	2,00	100	100	100	sensible

DD = dose discriminante ; D1 (dose 1) = DD/2; D2 (dose 2) = DD ; D3 (dose 3) = 2xDD ; IA : Ingrédient Actif

II. Discussion

II.1. Méthode du Larval Packet Test (LPT)

L'état de la résistance des échantillons de terrain a été basé sur RR_{50} parce qu'il possède 95 % d'IC plus petit que celui du RR_{90} et tous les deux sont donc des estimations plus fiables pour diagnostiquer la résistance. Cependant, comme il est essentiel de ne pas sous-estimer la résistance à son émergence, alors les états de résistance sur la base de RR_{50} ont été comparés à ceux basés sur RR_{90} . Considérer RR_{90} pour évaluer l'état de résistance des échantillons de terrain au lieu de RR_{50} , aurait conduit à des conclusions similaires pour distinguer les échantillons résistants des échantillons sensibles.

De ce point de vue, les trois échantillons de terrain ont été fortement résistants à toutes les molécules acaricides avec des ratios de résistance supérieurs à 10. Le niveau de résistance des trois échantillons de terrain au chlorpyrifos a été plus faible que celui des autres acaricides

avec un RR_{50} de 13,52 (9,8-18,6) à 15,28 (11,1-21,0). Le taux de mortalité à ce niveau est de 53 à 56 %. La deltaméthrine a enregistré le plus haut niveau de résistance avec un RR_{50} de 73,49 (48,9-110,5) à 87,88 (59,0-131,0). À ce niveau, le taux de mortalité enregistré est de 41 à 44 %. Selon une étude menée sur l'échantillon de terrain Milagro en Équateur par Aguirre *et al.* (2000) au laboratoire de Salta, les estimations de la DL_{50} et de la DL_{90} étaient 0,012 (0,010–0,013) et 0,022 (0,019–0,026), respectivement et le plus haut ratio de résistance RR_{50} était 1,2 et le plus haut ratio de résistance RR_{90} , 1,0. Il est ressorti de cette étude, une sensibilité de cet échantillon de terrain à la deltaméthrine. Ceci est contraire aux résultats obtenus au cours de notre étude où il est ressorti une forte résistance des échantillons de terrain à la deltaméthrine. D'après une étude menée par Lovis (2012), l'analyse de trois populations de terrain d'Afrique du Sud avec le test biologique LTT a révélé que deux d'elles étaient sensibles à tous les composés tandis que la 3^{ème} a exprimé une forte résistance aux pyréthrénoïdes de synthèse avec un $RR_{50} = 101,5$ (72,4-130,6) à 95 % IC. Selon le même auteur en 2012, en Argentine, la résistance à la cyperméthrine a été détectée dans toutes les populations de terrain sauf une (7/8, 88 %) avec un RR_{50} de 4,2 (2,5-5,9) à 57,0 (37,5-76,5) à 95 % IC. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus au cours de nos essais. Selon Aguirre *et al.* (2000) dans une étude menée sur l'échantillon de terrain Milagro (Équateur) au laboratoire de Salta, les $DL_{50,90}$ et les intervalles de confiance à 95 % pour cet échantillon testé avec la cyperméthrine étaient respectivement 0,053 (0,050–0,057) et 0,112 (0,103–0,125) et le plus haut ratio de résistance RR_{50} de ces tiques de terrain Milagro était 1,2 et le RR_{90} était de 1,0. D'après Nolan *et al.* (1989) à propos de ce même échantillon, RR_{50} et RR_{90} pour la cyperméthrine sont respectivement 3,2 et 3,0 et il ressort de ces différents résultats, une sensibilité des tiques à cet acaricide. Ces résultats ne concordent pas avec nos résultats. En Argentine, la résistance à l' amitraz a été observée dans trois des huit populations de terrain avec un RR_{50} de 9,0 (5,9-12,1) à 32,5 (24,1-40,8) à 95 % IC (Lovis, 2012). Ces résultats sont proches à ceux obtenus au cours de nos essais. Les estimations de la DL_{50} (Li *et al.*, 2004, Miller *et al.*, 2002) et de la DL_{90} (Miller *et al.*, 2013) ont été utilisés pour mesurer la résistance des échantillons de terrain à l' amitraz. Au cours de cette étude, la population de terrain Nety a montré une sensibilité à l' amitraz en produisant un RR de 2,57 (2,20-3,00) à la DL_{50} . Un test effectué le 3 Juin 2003 sur la population de terrain Gadji, a également exprimé une sensibilité à l' amitraz en produisant un RR_{50} de 1,18 (0,99-1,42). Ceci est contraire à nos résultats. Miller *et al.* (2013) ont examiné les résultats du LPT-modifié obtenus dans différents laboratoires. Au Brésil, une population de référence sensible a produit une estimation de DL_{90} de 0,015 % (0,012-0,023) à 95 % IC et la comparaison d'une population

résistante à cette population de référence à la DL₉₀ a produit un RR₉₀ de 24,2 (19,9-29,5) à 95 % IC. Ces résultats corroborent ceux obtenus au cours de nos essais. Selon Lovis (2012), quatorze (82 %) populations ont été résistantes au coumaphos, avec un RR₅₀ compris entre 4,9 et 72,9 et onze (65 %) populations ont été résistantes au chlorpyrifos, avec un RR₅₀ situé entre 4,4 et 79,7. Cinq (5) de ces populations ont été considérées comme très résistantes aux deux (2) organophosphorés. Ceci est contraire aux résultats obtenus au cours de nos essais. Les différences observées entre nos résultats et ceux des différents auteurs mentionnés pourraient s'expliquer par l'utilisation intensive des acaricides concernés dans les zones d'étude en question, l'état défectueux des équipements, la dose inappropriée ou l'utilisation de produits chimiques périmés et donc inefficaces. Elles pourraient aussi s'expliquer par les différentes conditions expérimentales, les différents tests de laboratoire utilisés et le mauvais usage des acaricides par les éleveurs. Ces différences se traduiraient aussi par le caractère génétique des tiques provenant des différentes zones d'étude.

Il faut surtout signaler et préciser le choix de l'approche d'analyse que nous avons utilisée. En l'absence de souche de référence sensible de l'espèce *R. microplus* sur le terrain, nous avons choisi de comparer le niveau de résistance-sensibilité des populations de terrain vis-à-vis de la souche Houndé, une souche de l'espèce *R. (Boophilus) geigy*. La souche Houndé a été récoltée en février 2005 au Burkina Faso dans la région du même nom. Elle a été maintenue au CIRDES sur douze générations pendant quatre (4) années durant lesquelles, des analyses toxicologiques exhaustives ont été réalisées pour mieux caractériser la souche. C'est cette bonne connaissance de la souche qui a conduit à réaliser des études préliminaires au Burkina Faso et qui ont permis de montrer en 2005 qu'il n'existait pas au Burkina Faso de souches de *R. (Boophilus) geigy* résistantes aux principales familles acaricides.

Dans la présente étude, l'approche d'utiliser les données de la souche Houndé 2005 n'est pas idéale car nous comparons des souches d'espèces différentes. Néanmoins, en absence de données de référence, l'utilisation de la souche Houndé 2005 nous permet d'avoir une appréciation quoique non parfaite du niveau de résistance et de la perception que les éleveurs peuvent avoir de l'efficacité des traitements sur le terrain. En effet, ils se plaignent sur le terrain de la non efficacité des produits disponibles à contrôler et éliminer convenablement les tiques, notamment cette nouvelle espèce. Les niveaux de RR élevés obtenus dans cette étude qui diffèrent d'avec les résultats obtenus ailleurs où les comparaisons ont été faites entre une souche sensible *R. microplus* et des échantillons de terrain *R. microplus*, peuvent avoir

comme explication l'utilisation de cette démarche de comparaison de tiques d'espèces différentes (*geigyi* vs *microplus*).

C'est pour donner un début de solution à cet inconvénient et à la limite de cette démarche, que l'approche qui utilise la dose discriminante a été utilisée. Là aussi, les difficultés d'interprétation persistent car les données de référence sont obtenues soit dans la littérature (Lovis, 2012) ou à partir de documents de la FAO ou du CSIRO en Australie qui capitalisent une longue expérience dans le domaine. Mais comme les expérimentations et les différents essais n'ont pas été faits dans les mêmes conditions et à la même époque, l'interprétation des résultats est à faire avec beaucoup de précautions. C'est pourquoi dans les tableaux de résultats, nous avons tenu à encadrer ces valeurs seuil ou à donner parallèlement, les valeurs de DD sur la base de la souche de référence sensible Houndé 2005.

Au vu de l'urgence qu'il y a de fournir une situation proche de la réalité aussi bien aux décideurs qu'aux éleveurs et autres acteurs de la filière bétail, une telle approche s'impose et est plus que nécessaire.

II.2. Méthode de la Dose Discriminante (DD)

Parmi les cinq (5) acaricides commerciaux appliqués sur l'échantillon de terrain *R. microplus* d'Azagüé en vue de l'évaluation de son niveau de résistance-sensibilité, c'est au niveau de la fluméthrine et de la deltaméthrine que cet échantillon a exprimé la résistance. Les doses discriminantes de ces deux molécules acaricides étaient respectivement de l'ordre de 0,02 et 0,06 %. À ces différentes doses respectives, 100 % de mortalité n'a pas été atteinte mais pour ce qui est des trois (3) autres molécules acaricides à savoir l'amtiaz, le fipronil et le chlorpyrifos, l'échantillon a présenté une sensibilité. Ces trois acaricides avaient pour doses discriminantes respectives : 0,4 ; 0,06 et 1 %. À ces différentes doses respectives, 100 % de mortalité a été obtenue. Cette sensibilité de *R. microplus* à ces trois acaricides pourrait se traduire par le fait que les doses discriminantes utilisées pour élaborer les séries de dilution ne concernent pas nos zones d'étude. Cette sensibilité pourrait aussi s'expliquer par le fait que cette méthode est moins appropriée que le test de référence LPT. En effet, nous avons observé une résistance du même échantillon de terrain à l'amtiaz et au chlorpyrifos avec le test du LPT. Selon Miller *et al.* (2013) dans une étude menée au Mexique sur les populations de terrain *R. (Boophilus) microplus*, toutes les populations ont été résistantes au fipronil avec 95 % de mortalité à la DL_{99} . De plus, la population Lamington de *R. microplus* d'Australie a été résistante à la fluméthrine avec un RR_{50} de 29,0 (Nolan *et al.*, 1989). Selon une étude menée

par Cutullé *et al.* (2012) utilisant des molécules ou matières actives issues des acaricides commerciaux, une courbe complète de dose-réponse a été obtenue avec le LTT pour deux échantillons de terrain Santo Tomé (Argentine). Les deux échantillons ont démontré une résistance à l'amitraz avec un RR_{50} de 57,0 (41,9-72,0) et 32,5 (24,1-40,8) à 95 % d'IC respectivement. La résistance à la cyperméthrine et à la fluméthrine a été observée avec un RR_{50} de 5,9 (3,0-8,8) et de 27,2 (15,4-39,1) à 95 % d'IC respectivement.

Dans les normes, les résultats obtenus avec les molécules issues d'acaricides commerciaux et les acaricides purs devraient être identiques dans le diagnostic de la résistance. Mais dans notre cas présent, l'échantillon de terrain Azaguié a été sensible au fipronil, au chlorpyrifos et à l'amitraz. Cela pourrait être dû au fait qu'il n'est pas approprié d'utiliser les molécules ou matières actives issues d'acaricides commerciaux pour ce test. Les différences observées entre nos résultats et ceux des différents auteurs pourraient s'expliquer par l'utilisation intensive des acaricides concernés dans les zones d'étude en question ou par le fait que les doses discriminantes utilisées pour élaborer les séries de dilution ne concernent pas nos zones d'étude. Elles pourraient aussi s'expliquer par les différentes conditions expérimentales, les différents tests de laboratoire utilisés et le mauvais usage des acaricides utilisés par les éleveurs dans les différentes zones concernées. Ces différences se traduiraient également par des particularités génétiques des tiques provenant des différentes zones d'étude ou par l'ajout d'autres substances à la substance active de l'acaricide utilisé.

Conclusion et perspectives

Le contrôle des populations de tiques des bovins repose essentiellement sur les traitements acaricides et la production animale ne peut se concevoir sans l'utilisation d'acaricides dans les pays où la tique *R. (Boophilus) microplus* est présente. Toutefois, l'utilisation intensive et souvent inadaptée des acaricides a conduit à la résistance de cette tique à ces acaricides à travers son aire de répartition, pour ce qu'il en est connu. Face à un manque d'efficacité du traitement acaricide sur le terrain, il est donc très important pour les éleveurs d'avoir des informations sur la résistance des populations de tiques aux acaricides utilisés. Pour ce faire, les tiques ont besoin d'être envoyées à des laboratoires de référence pour les essais de laboratoire pour diagnostiquer la résistance. Ainsi, l'objectif principal de ce travail était d'évaluer le niveau de résistance-sensibilité des tiques aux acaricides par des tests toxicologiques. Pour nos tests de laboratoire, le Larval Packet Test (LPT), un des tests recommandés par la FAO, a été utilisé pour le diagnostic de la résistance des tiques aux acaricides purs. Ce test a concerné les larves de tiques de 14 à 21 jours d'âge et a permis d'obtenir de bonnes courbes de dose-réponse à partir desquelles les doses létales induisant 50 ou 90 % de mortalité des échantillons de terrain Azaguié, Kimini et Kpinnou ont été calculées et comparées à la souche de référence sensible Houndé 2005 pour déduire les ratios de résistance (RR_{50} ou RR_{90}). Les résultats obtenus ont montré une très forte résistance des trois (3) échantillons de terrain à toutes les cinq molécules acaricides. Parmi ces matières actives, la résistance au niveau de la deltaméthrine a été plus élevée par rapport aux autres produits et au niveau de l'amitraz, elle a été plus faible par rapport aux autres produits. La méthode de la dose discriminante a été utilisée pour diagnostiquer la résistance des tiques *R. microplus* aux mêmes molécules acaricides bien qu'elles proviennent d'acaricides commerciaux. Cette méthode alternative a été évaluée par rapport à la première méthode qui est de référence. Si elle avait fourni des réponses convergentes avec la première, elle aurait eu l'avantage de la rapidité sur la situation de la résistance des tiques aux acaricides dont disposent les éleveurs sur le terrain. Mais, elle a seulement permis de détecter dans les populations de terrain la résistance à deux molécules : la fluméthrine et la deltaméthrine. Quant aux trois (3) autres molécules acaricides, à savoir l'amitraz, la fluméthrine et le chlorpyrifos, elle n'a pas pu diagnostiquer la résistance.

En définitive, nous constatons qu'il existe une résistance des tiques *R. (Boophilus) microplus* aux acaricides dans les trois zones d'introduction. Cette résistance est à la base de l'échec des

traitements acaricides sur le terrain, ce qui vérifie l'hypothèse en lien avec l'objectif spécifique de notre étude et montre la nécessité de mettre en place des méthodes efficaces d'application des acaricides pour une meilleure gestion de la résistance des tiques aux acaricides. En perspectives, une étude plus approfondie doit être menée sur la question de la résistance des tiques en vue de déterminer la cartographie de la résistance de *R. microplus* aux acaricides couramment utilisés dans les zones de suspicion de l'Afrique de l'Ouest et comprendre le mécanisme de résistance de cette tique aux différents produits acaricides. Aussi, nous proposons qu'une étude soit menée pour l'obtention de nouvelles molécules adaptées à nos conditions.

Pour éviter le phénomène de résistance des tiques aux acaricides, nous recommandons aux éleveurs de moins utiliser les acaricides dans leurs différentes zones, d'appliquer les systèmes de rotation au niveau des pâturages, et de pratiquer le détiqage manuel. Aussi, les responsables des services d'élevage doivent organiser des formations à l'endroit des éleveurs, lesquelles formations permettront à ces derniers de faire un très bon usage des acaricides.

Références bibliographiques

- Abbott, W.S., 1987. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Am. Mosq. Control Assoc* 3, 302-303.
- Adakal, H., Biguezoton, A., Zoungrana, S., Courtin, F., De Clercq, E.M. et Madder, M., 2013. Alarming spread of the Asian cattle tick *Rhipicephalus microplus* in West African another three countries are affected: Burkina Faso, Mali and Togo. *Exp Appl Acarol* 61, 383-386.
- Aeschlimann, A., 1967. Biologie et écologie des tiques (Ixodidae) de Côte d'Ivoire. *Acta Tropical* 24 (4), 291-389.
- Aguirre, D.H., Vinabal, A.E., Salatin, A.O., Cafrune, M.M., Volpogni, M.M., Mangold, A.J., Guglielmono, A.A. et Camicas, J., 2000. Susceptibility to two pyrethroids in *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) populations of northwest Argentina Preliminary results. *Vet Parasitol* 88, 329-334.
- Alonso, M., Arellano-Sota, C., Cereser, V.H., Cordoves, C.O., Guglielmono, A.A., Kessler, R., Mangold, A.J., Nari, A., Patarroyo, J.H., Solari, M.A., Vega, C.A., Vizcaino, O. et Camus, E., 1992. Epidemiology of bovine anaplasmosis and babesiosis in Latin America and the Caribbean. *Revue Scientifique et Technique*, Paris 11, 713-733.
- Andreotti, R., 2010. Diagnóstico de resistência de *Boophilus microplus* a piretróides. 1-36.
- Angus, B.M., 1996. The history of the cattle tick *Boophilus microplus* in Australia and achievements in its control. *Int. J. Parasitol* 26, 1341-1355.
- Barré, N., 1989. Biologie et écologie de la tique *Amblyomma variegatum* (Acarina Ixodina) en GUADELOUPE (Antilles Françaises). Thèse de Doctorat ès-sciences. ORSAY, 266p.
- Barré, N., Garris, G.I., Borel, G. et Camus, E., 1988. Hosts and population dynamics of *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) on Guadeloupe, French West Indies. *J. med. Entomol* 25 (2), 111-115.
- Barré, N. et Uilenberg, G., 2010. Propagation de parasites transportés avec leurs hôtes: cas exemplaires de deux espèces de tiques du bétail. In *Revue scientifique et technique de l'office internationale*, EPIZ 29 (1), 135-147.
- Bull, M.S., Swindale, S., Overend, D. et Hess, E.A., 1996. Suppression of *Boophilus microplus* populations with fluazuron--an acarine growth regulator. *Aust. Vet. J.* 74, 468-470.
- Castro-Janer, E., Martins, J.R., Mendes, M.C., Namindome, A., Klafke, G.M. et Schumaker, T.T., 2010. Diagnoses of fipronil resistance in Brazilian cattle ticks (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) using in vitro larval bioassays. *Vet Parasitol* 173, 300-306.
- Chartier, C., Itard, J., Morel, P.C. et Trony, M., 2000. Précis de parasitologie Vétérinaire Tropicale. Edition TEC et doc EM Inter, Paris, 200p.
- Crampton, A.L., Green, P., Baxter, G.D. et Barker, S.C., 1999. Monooxygenases play only a minor role in resistance to synthetic pyrethroids in the cattle tick (*Boophilus microplus*). *Exp Appl Acarol* 23, 897-905.
- Cremlyn, R., 1978. Pesticides in the Environment. In John Wiley & Sons (ed.), *Pesticides: Preparation and Mode of Action*, 210-221.
- Cuisance, D., Barré, N. et Dedeken, R., 1994. Ectoparasites des animaux : méthodes de lutte écologique, biologique, génétique et mécanique. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz* 13, 1305-1356.
- Cuore, U., Trelles, A., Sanchis, J., Gayo, V. et Solari, M.A., 2007. Primer diagnostico de resistencia al Fipronil en la garrapata comun del ganado *Boophilus microplus*. *Veterinaria* 42, 35-41.
- Cutullé, C., Lovis, L., D'Agostino, B., Balbiani, G., Morici, G., Citroni, D., Reggi, J. et Caracostantogolo, J.L., 2012. In vitro diagnosis of the first case of amitraz resistance in *Rhipicephalus microplus* in Santo Tomé (Corrientes), Argentina. Submitted to *Vet Parasitol* as Short Communication on May 24th 2012.
- Davey, R.B., Ahrens, E.H., George, J.E., Hunter, J.S. et Jeannin, P., 1998. Therapeutic and persistent efficacy of fipronil against *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on cattle. *Vet Parasitol* 74, 261-276.
- Davey, R.B., George, J.E., Hunter, J.S.I. et Jeannin, P., 1999. Evaluation of a pour-on formulation of fipronil against *Boophilus annulatus* (Acari: Ixodidae) under natural South Texas field conditions. *Exp. Appl. Acarol* 23, 351-364.

- Davey, R.B., George, J.E. et Snyder, D.E., 2001. Efficacy of a single whole-body spray treatment of spinosad, against *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on cattle. *Vet Parasitol* 99, 41-52.
- Dipeolu, O.O., Mongi, A.O., Essuman, S., Amoo, A.O. et Ndungu, J.N., 1992. Studies on naturally acquired immunity to African ticks. II. Observation on cattle exposed to *Rhipicephalus appendiculatus* under varying periods of repeated infestation. *Vet parasitol* 41, 293-320.
- Drummond, R.O., Ernst, S.E., Trevino, J.L., Gladney, W.J. et Graham, O.H., 1973. *Boophilus annulatus* and *B. microplus* : laboratory tests of insecticides. *J. Econ. Entomol* 66, 130-133.
- FAO, 1989. The campaign against *Boophilus spp.* in Mexico : benefits, problems and prospects. *Animal Production and Health Paper No. 75*, Rome, 16-27
- FAO, 2004. Ticks: Acaricide resistance: diagnosis, management and prevention. . In: Resistance management and integrated parasite control in ruminants: Guidelines, 25-77.
- Freire, J.J., 1953. Arseno e cloro resistência e emprego de tiofosfato de dietilparanitrofenila (Parathion) na luta anticarrapato *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887). *Bol. Dir. Prod. Anim* 9, 3-31.
- Geary, T.G., 2005. Ivermectin 20 years on: maturation of a wonder drug. *Trends Parasitol.* 21, 530-532.
- Graf, J.F., 1993. The role of insect growth regulators in arthropod control. *Parasitol. Today* 9, 471-474
- Graf, J.F., Gogolewski, R., Leach-Bing, N., Sabatini, G.A., Molento, M.B., Bordin, E.L. et Arantes, G.J., 2004. Tick control: an industry point of view. *Parasitology* 129:, 427-442.
- Hoogstraal, H., 1956. African Ixodoidea, Ticks of the Sudan (With special reference to Equatoria Province and with preliminary reviews of the genera *Boophilus*, *Margaropus* and *Hyalomma*). Research Report NM 005 050. 29.07. Department of the Navy, Bureau of Medicine and Surgery, Washington DC 1, 1-2.
- ICTTD, 2004a. Ticks of veterinary and medical importance: Africa.
- ICTTD, 2004b. Ticks of veterinary and medical importance: Latin America.
- Ivan, G.H., Camicas, J. et James, E.K., 2002. The Argasidae, Ixodidae and Nuttalliellidae (Acari: Ixodida): a world list of valid tick names. *Exp Appl Acarol* 28, 27-54.
- Jackson, L. et Stutchbury, R., 2010. Fluazuron resistance in cattle ticks (Poster).
- Jonsson, N.N., Cutullé, C., Corley, S.W. et Seddon, J.M., 2010. Identification of a mutation in the para-sodium channel gene of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* associated with resistance to flumethrin but not to cypermethrin. *Int. J. Parasitol* 40, 1659-1664.
- Jonsson, N.N., Mayer, D.G., Matschoss, A.L., Grenn, P.E. et Ansell, J., 1998. Production effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation of high yielding dairy cows. *Roma parassitologia* 78, 65-77.
- Jonsson, N.N., Miller, R.J. et Robertson, J.L., 2007. Critical evaluation of the modified-adult immersion test with discriminating dose bioassay for *Boophilus microplus* using American and Australian isolates. *Vet Parasitol* 146, 307-315.
- Kaaya, G.P., Mwangi, E.N. et Ouna, E.A., 1996. Prospects for biological control of livestock ticks, *Rhipicephalus appendiculatus* et *Amblyomma variegatum*, using the entomogenous fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Journal of invertebrate Pathology* 67, 15-20.
- Keïta, K., 2007. Les tiques parasites des ovins dans les élevages des régions du centre et du sud de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat. Univ. Cheick Anta Diop, 157p.
- Kemp, D.H., Gale, K.R., Nari, A. et Sabatini, G.A., 1998. Acaricide Resistance in the Cattle Ticks *Boophilus microplus* and *B. decoloratus*: Review of Resistance Data; Standardization of Resistance Tests and Recommendations for the Integrated Parasite Control to Delay Resistance, 38p.
- Lafia, S., 1982. Les tiques (amblyommidae) parasites des bovins en république populaire du Bénin. Thèse de doctorat. Univ. de Dakar, 102p.
- Laurent, J., 1998. Dynamique de l'espace pastoral dans le terroir de Ouangolodougou, Burkina-Faso. Mémoire de Maîtrise de gestion et de génie de l'environnement. Université Paris VII, 53p.
- Legg, J., 1947. Recent developments in tick and buffalo-fly control. *Aust. Vet. J* 23, 181-185.
- Leite, R.C., 1988. *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) susceptibilidade, usa atual e retrospectivo de carrapaticidas em propriedades das regiões fisiográficas da Baixada do Grande Rio e Rio de Janeiro. Uma abordagem epidemiológica. In. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Tese de doutorado, 151p.

- Li, A.Y., Davey, R.B., Miller, R.J. et George, J.E., 2004. Detection and characterization of amitraz resistance in the southern cattle tick, *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology* 41, 193-200.
- Lovis, L., 2012. Evaluation of acaricide resistance in the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, using a new in vitro test and molecular tools. Th. Doctorat. Univ. Neuchatel, 204p.
- Lovis, L.D., Perret, J.L., Bouvier, J., Fellay, J.M., Kaminsky, R., Betschart, B. et Sager, H., 2011. A new in vitro test to evaluate the resistance level against acaricides of the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Vet Parasitol* 182, 269-280.
- Madder, M., 2010. Prospects for the management of the invasive tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in West Africa. International Consortium for Ticks and Tickborne Diseases (ICTTD), 20p.
- Madder, M., Adehan, S., De Deken, R., Adehan, R. et Lokossou, R., 2012. New foci of *Rhipicephalus microplus* in West Africa. *Exp Appl Acarol* 56, 385-390.
- Madder, M., Thys, E., Geysen, D., Baudoux, C. et Horak, V., 2007. *Boophilus microplus* ticks found in West Africa. *Exp. Appl. Acarol* 43, 233-234.
- Martins, J.R. et Furlong, J., 2001. Avermectin resistance of the cattle tick *Boophilus microplus* in Brazil. *Vet. Rec* 149, 64.
- Miller, R.J., Almazan, C., Ortiz-Estrada, M., Davey, R.B., George, J.E. et Perez De Leon, A., 2013. First report of fipronil resistance in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* of Mexico. *Vet Parasitol* 191, 97-101.
- Miller, R.J., Davey, R.B. et George, J.E., 2002. Modification of the food and agriculture organization larval packet test to measure amitraz-susceptibility against ixodidae. *J. Med. Entomol* 39, 645-651.
- Miller, R.J., Davey, R.B. et George, J.E., 2005. First report of organophosphate-resistant *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) within the United States. *J. Med. Entomol* 42, 912-917.
- Miller, R.J., Davey, R.B. et George, J.E., 2007. First report of permethrin-resistant *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) collected within the United States. *J. Med. Entomol* 44, 308-315.
- Miller, R.J., White, W.H., Davey, R.B., George, J.E. et Perez de, L.A., 2011. Efficacy of spinosad against acaricide-resistant and susceptible *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* and acaricide-susceptible *Amblyomma americanum* and *Dermacentor variabilis*. *J. Med. Entomol* 48, 358-365.
- Mitchell, M., 1996. Acaricide resistance back to basics. *Trop. Anim Health Prod* 28, 53-58.
- Morel, P.C., 1969. Contribution à la connaissance de la distribution des tiques (Acariens, Ixodidae et amblyommidae) en Afrique éthiopienne continentale. Thèse Doct. Sc. Orsay, n° 575, + annexe cartographique : 62 cartes, 388p.
- Morel, P.C., 1981. Maladies à tiques du bétail en Afrique. Précis de Parasitologie vétérinaire tropicale, Paris, Minist. de la coop. 3, 471-717p.
- Nolan, J., 1981. Current developments in resistance to amidine and pyrethroid tickicides in Australia. In: Tick biology and control. Proceedings of an International Conference held from 27-29 January 1981, under the auspices of the Tick Research Unit, Rhodes University, Grahamstown, South Africa 109-114.
- Nolan, J., Wilson, J.T., Green, P.E. et Bird, P.E., 1989. Synthetic pyrethroid resistance in field samples in the cattle tick (*Boophilus microplus*). *Aust. Vet J* 66, 179-182.
- Norval, R.A., Andrew, H.R., Yunker, C.E. et Burrige, M.J., 1992. Biological process in the epidemiology of heart water ». In Tick vector biology medical and veterinary aspects, Springer-Verlag Berlin, 71-86.
- OIE, 2007. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Southern Cattle Tick, Cattle Tick. Center for Food security and health, Iowa state university, 3.
- Olivier, J.H.J., 1989. Biology and systematics of ticks (Acari: Ixodida). *An. Rev. Ecol. Syst* 20, 397-430.
- Ouédraogo, M., 1999. Contribution à l'étude de certains paramètres biologiques de la tique *Amblyomma variegatum* (Acarina: Ixodina) au stade nymphal. Mémoire d'ingénieur du développement rural, Option : Élevage. Institut du Développement Rural, Univ. Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 109p.

- Pal, R. et Wharton, R.H., 1974. Control of Arthropods of Medical and Veterinary Importance. Plenum Press, New York.
- Parola, P., Inokuma, H., Camicas, J., Brouqui, P. et Raoult, D., 2001. Detection and identification of spotted fever group Rickettsiae and Ehrlichiae in African ticks. *Emerg. Infect. Dis.* 7, 1014-1017.
- Perez-Cogollo, L.C., Rodriguez-Vivas, R.I., Ramirez-Cruz, G.T. et Miller, R.J., 2010. First report of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* resistant to ivermectin in Mexico. *Vet Parasitol* 168, 165-169.
- Peter, R.J., Van Den Bossche, P., Penzhorn, B.L. et Sharp, B., 2005. Tick, fly, and mosquito control lessons from the past, solutions for the future. *Vet Parasitol, Amsterdam* 132, 205-215.
- Robertson, J.L. et Preisler, H.K., 1992. Pesticide bioassays with arthropods. CRC, Boca Raton, FL.
- Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K. et Savin, N.E., 2007. Pesticide bioassays with arthropods. 2nd Edition. CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida, 127p
- Roulston, W.J., Stone, B.F., Wilson, J.T. et White, L.I., 1968. Chemical control of an organophosphorus and carbamate-resistant strain of *Boophilus microplus* (Can.) from Queensland. *Bull. Entomol. Res* 58, 379-392.
- Roulston, W.J., Wharton, R.H., Nolan, J., Kerr, J.D., Wilson, J.T., Thompson, P.G. et Schotz, M., 1981. A survey for resistance in cattle ticks to acaricides. *Aust. Vet. J* 57, 362-371.
- Sanou, P.J., 2012. Perceptions et stratégies paysannes de lutte contre la tique *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* dans la région de l'ouest du Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur du développement rural. Univ.Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 60p
- Springel, P.H., 1974. The cattle tick in relation to animal production in Australia. *World Animal review* 10, 19-23.
- Stachurski, F., 2000. Modalités de la rencontre entre la stase adulte de la tique *Amblyoma variegatum* (acari, ixodida) et les bovins : applications potentielles à la lutte contre ce parasite. Thèse doctorale, parasitologie. Univ Montpellier de Sciences et techniques du Languedoc, 264p.
- Stone, B.F. et Haydock, K.P., 1962. A method for measuring the acaricide-susceptibility of the cattle tick, *Boophilus microplus* (Can). *Bulletin of Entomological Research* 53, 563-578.
- Suthert, R.W., Maywald, G.F., Kerr, J.D. et Stegeman, D.A., 1983. The effect of cattle tick (*Boophilus microplus*) on the growth of *Bos indicus* x *Bos taurus* steers. *Australian journal of agricultural research* 34, 317-327.
- Taylor, M.A., 2001. Recent developments in ectoparasiticides. *Vet. J* 161, 253-268.
- Uilenberg, G., 1992. Veterinary significance of ticks and tick-borne diseases. In *Tick vector biology, medical and veterinary aspect*, Springer-verlag, 33.
- Uly, M., 1993. Médecine vétérinaire naturelle, lutte contre les ectoparasites tropicaux. Verlag Josef Margraf, 183.
- Walker, A.R., Bouattour, A., Camicas, J.L., Estrada-Pena, A., Horak, I.G., Latif, A.A., Pegram, R.G. et Preston, P.M., 2003. Ticks of Domestic Animals in Africa: a Guide to Identification of Species. Bioscience Reports, 42 Comiston Drive, Edinburgh EH10 5QR, Scotland, U.K, 221.
- Waltisbuhl, D., Farnsworth, B. et Kemp, D., 2005. Pesticides used against ectoparasites (ticks, flies, lice) of cattle in Australia. In P. A. Holdsworth (ed.), *Ectoparasiticide use in contemporary Australian livestock production*. Avcare Limited, Canberra, 45-57
- Young, A., Grocock, C.M. et Kariuki, D.P., 1988. Integrated control of ticks and tick-borne diseases of cattle. In *Africa parasitology* 96, 403-432.

Annexes

Annexe 1 : Infestation du bovin n° 847 (134 kg) par l'échantillon de terrain Kimini à l'étable du CIRDES

Infestation			Femelles gorgées		Date de récolte des œufs	Date d'éclosion	Nombre de tubes	Taux d'éclosion
1 ^{ère} infestation	2 ^{ème} infestation	3 ^{ème} infestation	Date de récolte	Nombre de femelles				
05/07/2013	09/07/2013	12/07/2013	Du 22/07/2013 au 09/08/2013	113	Du 28/07/2013 au 19/08/2013	17/08/2013	2	87 %
Echantillon : Kimini	Echantillon : Kimini	Echantillon : Kimini				18/08/2013	1	56 %
Espèce : <i>microplus</i>	Espèce : <i>microplus</i>	Espèce : <i>microplus</i>				19/08/2013	1	72 %
Récolte : 31/03/2013	Récolte : 01/04/2013	Récolte : 14/04/2013				20/08/2013	1	78 %
Eclosion : 11/04/2013	Eclosion : 11/04/2013	Eclosion : 25/04/2013				22/08/2013	1	52 %
		Récolte : 14/04/2013				22/08/2013	1	95 %
		Eclosion : 25/04/2013				23/08/2013	1	28 %
						24/08/2013	1	85 %
						25/08/2013	1	86 %
						26/08/2013	2	89 %
						27/08/2013	1	36 %
						04/09/2013	1	56 %

Annexe 2 : Infestation du bovin n°860 (122 kg) par l'échantillon de terrain Kpinnou à l'étable du CIRDES

Infestation			Femelles gorgées		Date de récolte des œufs	Date d'éclosion	Nombre de tubes	Taux d'éclosion
1 ^{ère} infestation	2 ^{ème} infestation	3 ^{ème} infestation	Date de récolte	Nombre de femelles				
30/08/2013	02/09/2013	05/09/2013	Du 25/09/2013 au 09/10/2013	137	Du 02/10/2013 au 21/10/2013	28/10/2013	1	68 %
Echantillon : Kpinnou	Echantillon : Kpinnou	Echantillon : Kpinnou				30/10/2013	2	95 %
Espèce : <i>microplus</i>	Espèce : <i>microplus</i>	Espèce : <i>microplus</i>				31/10/2013	1	28 %
Récolte : 02/06/2013	Récolte : 27/05/2013	Récolte : 04/06/2013				02/11/2013	1	89 %
Eclosion : 22/06/2013	Eclosion : 17/06/2013	Eclosion : 22/06/2013				03/11/2013	1	58 %
		Récolte : 01/06/2013				04/11/2013	1	69 %
		Eclosion : 20/06/2013				07/11/2013	2	85 %
						10/11/2013	1	49 %

Annexe 3 : Infestation du bovin n° 868 (159 kg) par l'échantillon de terrain Azaguié à l'étable du CIRDES

Infestation			Femelles gorgées		Date de récolte des œufs	Date d'éclosion	Nombre de tubes	Taux d'éclosion
1 ^{ère} infestation	2 ^{ème} infestation	3 ^{ème} infestation	Date de récolte	Nombre de femelles				
30/08/2013	02/09/2013	05/09/2013	Du 21/09/2013 au 02/10/2013	61	Du 28/09/2013 au 10/10/2013	22/10/2013	1	68 %
						23/10/2013	3	74 %
						25/10/2013	2	86 %
Echantillon : Azaguié	Echantillon : Azaguié	Echantillon : Azaguié				28/10/2013	1	49 %
Espèce : <i>microplus</i>	Espèce : <i>microplus</i>	Espèce : <i>microplus</i>				30/10/2013	1	95 %
Récolte : 10/06/2013	Récolte : 12/06/2013	Récolte : 11/06/2013				01/11/2013	1	54 %
Eclosion : 21/06/2013	Eclosion : 23/06/2013	Eclosion : 22/06/2013						

Annexe 4 : Solvant (huile d'olive et trichloréthylène) et contrôle de l'éclosion des œufs à la loupe binoculaire



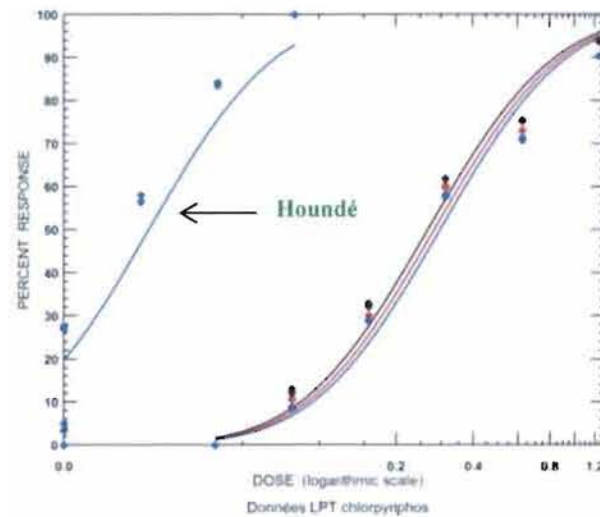
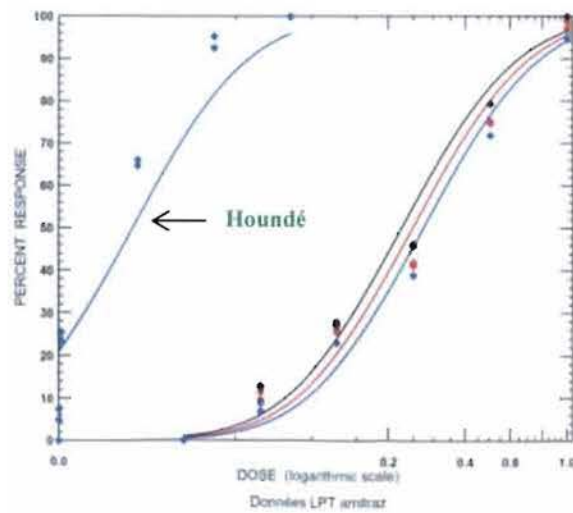
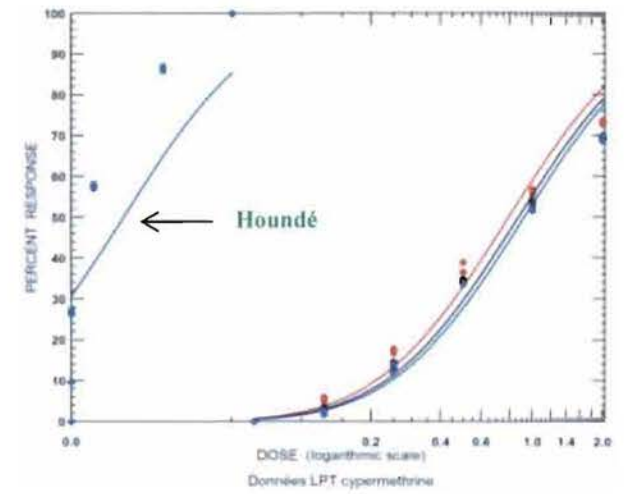
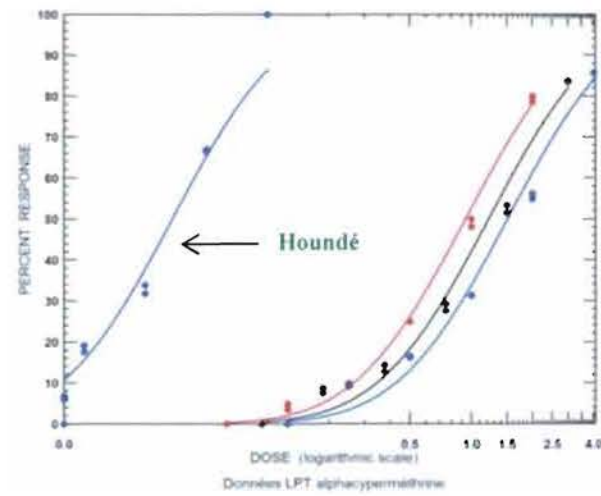
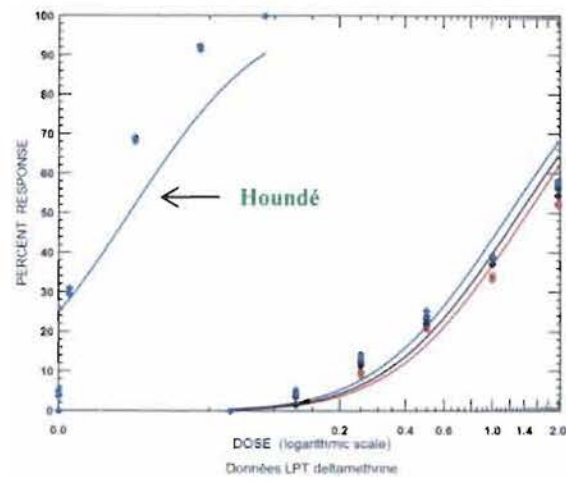
Annexe 5 : Préparation des tiques au paquetage et tiques paquetées



Annexe 6 : Fiche de relevé pour le contrôle de mortalité des tiques *R. microplus* au laboratoire de diagnostic de résistance du CIRDES

Nom de l'examineur		Nom du laboratoire		Date de collecte
.....	
Espèce		Localité de collecte		Acaricide utilisé
.....	
Date éclosion		Date du test		Age tiques (jours)
.....	
Concentration (%)	Mort	Total	Mortalité (%)	Mortalité moyenne (%)
.....	
.....
.....	
.....
.....	
.....
.....	
.....
.....	
.....
.....	
.....

Annexe 7 : Courbes de dose-réponse de l'échantillon de terrain Kimini, Kpinnou et Azaguié en comparaison avec la souche de référence sensible Houndé



Annexe 8 : Différentes doses discriminantes disponibles référencées

Acaricides	Dose discriminantes	Références
Deltaméthrine	0,06	FAO, 2004. Module 1. Ticks : acaricide resistance : diagnosis management and prevention.
Fluméthrine	0,02	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lovis, 2012. Evaluation of acaricide resistance in the cattle tick, <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>, using a new in vitro test and molecular tools. Univ. Neuchâtel, Thèse de doctorat. 2. FAO, 2004. Module 1. Ticks : acaricide resistance : diagnosis management and prevention. 3. CSIRO, 2009. Communication personnelle. Acaricide bioassays Larval Packet Test, Australia.
Chlorpyrifos	1,00	<ol style="list-style-type: none"> 1. FAO, 2004. Module 1. Ticks : acaricide resistance : diagnosis management and prevention. 2. CSIRO, 2009. Communication personnelle. Acaricide bioassays Larval Packet Test, Australia.
Amitraz	0.40	<ol style="list-style-type: none"> 1. Miller, R.J., Davey, R., George, J. E., 1999. Characterisation of pyrethroid resistance in Mexican strains of the cattle tick (<i>Boophilus microplus</i>) Acari : Ixodidae, J. Med. Entomol. 36, 533 - 538. 2. FAO, 2004. Module 1. Ticks : acaricide resistance : diagnosis management and prevention.
Fipronil	0,06	<ol style="list-style-type: none"> 1. Miller, R.J., Davey, R., George, J. E., 1999. Characterisation of pyrethroid resistance in Mexican strains of the cattle tick (<i>Boophilus microplus</i>) Acari : Ixodidae, J. Med. Entomol. 36, 533 - 538. 2. CSIRO, 2009. Communication personnelle. Acaricide bioassays Larval Packet Test, Australia.
Cyperméthrine	0,20	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lovis, 2012. Evaluation of acaricide resistance in the cattle tick, <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>, using a new in vitro test and molecular tools. Univ. Neuchatel. 2. FAO, 2004. Module 1. Ticks : acaricide resistance : diagnosis management and prevention. 3. CSIRO, 2009. Communication personnelle. Acaricide bioassays Larval Packet Test, Australia.