

Sommaire / Contents

PRODUCTIONS ANIMALES ET PRODUITS ANIMAUX ANIMAL PRODUCTION AND ANIMAL PRODUCTS

151-156 Perception du bien-être animal par les étudiants de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. *Perception of animal welfare by Cheikh Anta Diop University's students.* Dutuze M.F., Issa Garba A.R., Manishimwe R., Kone P. (en français)

SANTÉ ANIMALE ET ÉPIDÉMIOLOGIE ANIMAL HEALTH AND EPIDEMIOLOGY

157-165 Enquêtes entomologiques préparatoires à une lutte à grande échelle contre les glossines, assistées par un système d'information géographique : cas de la Patte au Burkina Faso. *Preparatory entomological surveys for full-scale tsetse-fly control, assisted with a geographic information system: PATTEC case in Burkina Faso.* Percoma L., Koudougou Z., Serdebeogo O., Tamboura I., Ouedraogo M., Bouyer J., Belem A.M.G., Sidibé I. (en français)

167-174 Etat des lieux des résistances de la tique du bétail *Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Canestrini)* à la deltaméthrine, l'amitraz et la moxidectine en Nouvelle-Calédonie : quelles perspectives de lutte ? *Resistance of cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Canestrini)* to deltamethrin, amitraz and moxidectin in New Caledonia: Review of the situation and perspectives for tick control.* Hùe T., Petermann J., Hurlin J.-C., Gaia H., Cauquil L. (en français)

175-183 Influenza aviaire au Vietnam : état des lieux et complémentarité des activités de surveillance et des études épidémiologiques (2007–2011). *Avian influenza in Vietnam: Current status and complementary of surveillance protocols and epidemiological studies (2007–2011).* Duteurtre V., Delabouglise A., Goutard F., Nguyen V.K., Duteurtre G., Roger F., Peyre M. (en français)

185-189 Effet immunostimulant de quatre additifs alimentaires contre les maladies de Gumboro et de Newcastle chez le poulet de chair (*Gallus gallus*). *Immunostimulatory effect of four food additives in broiler chickens (*Gallus gallus*) against Gumboro and Newcastle diseases.* Azeroual E., Mesfioui A., Bouzoubaa K., Benazzouz B., El Hessni A., Ouichou A. (en français)

ISSN 1951-6711

Publication du
Centre de coopération internationale
en recherche agronomique pour le développement
<http://revues.cirad.fr/index.php/REMT>
<http://www.cirad.fr/>

Directeur de la publication / *Publication Director:*
Michel Eddi, PDG / *President & CEO*

Rédacteurs en chef / *Editors-in-Chief:*
Gilles Balança, Denis Bastianelli, Frédéric Stachurski

Rédacteurs associés / *Associate Editors:*
Guillaume Duteurtre, Bernard Faye, Flavie Goutard,
Vincent Porphyre

Coordinatrice d'édition / *Publishing Coordinator:*
Marie-Cécile Maraval

Traductrices/*Translators:*
Marie-Cécile Maraval (anglais),
Suzanne Osorio-da Cruz (espagnol)

Webmestre/*Webmaster:* Christian Sahut

Maquettiste/*Layout:* Alter ego communication, Aniane, France

COMITÉ SCIENTIFIQUE / *SCIENTIFIC ADVISORY BOARD*

Hassane Adakal (NER), Nicolas Antoine-Moussiaux (BEL),
Michel Doreau (FRA), Mohammed El Khasmi (MAR),
Philippe Lescoat (FRA), Hamani Marichatou (NER),
Ayao Missouhou (SEN),
Harentsoaniaina Rasamoelina-Andriamanivo (MDG),
Jeremiah Saliki (USA, CMR), Jeewantee Sunita Santchum (MUS),
Hakim Senoussi (DZA), Taher Srairi (MAR),
Hussaini Tukur (NGA), Jean Zoundi (BFA, FRA)



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Cirad, Montpellier, mai 2016

Perception du bien-être animal par les étudiants de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar

Marie Fausta Dutuze^{1*} Abdoul Razak Issa Garba²
Rosine Manishimwe¹ Philippe Kone³

Mots-clés

Bien-être animal, douleur, sensibilisation, étudiant, productivité, Sénégal

Accepted: 20 January 2016;
Published: 9 May 2016

Résumé

Le bien-être animal (BEA) est un concept très complexe à définir mais important pour la bonne qualité des produits d'élevage. Afin d'évaluer la perception de ce concept, une étude a été menée au sein de la communauté estudiantine de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) entre le 16 janvier et le 2 mai 2012. Pendant cette période la population estudiantine était de 84 396. En tout 168 étudiants ont été interviewés à l'aide d'un questionnaire structuré. L'étude a montré que seulement 57 % d'entre eux avaient entendu parler au moins une fois du BEA, dont 60,4 % à travers les médias. Les connaissances des étudiants sur le BEA ont varié d'une faculté à l'autre : les étudiants de la Faculté des sciences et technologie de l'éducation et de la formation (Fastef) étaient les mieux renseignés. Parmi nos enquêtés, 73,2 % pensaient que les animaux ressentent la douleur et 93 % qu'il existe une relation entre le BEA et la productivité. Une sensibilisation sur ce concept est nécessaire et doit se faire à travers les médias qui constituent le canal le plus utilisé par les étudiants de l'UCAD.

■ Comment citer cet article : Dutuze M.F., Issa Garba A.R., Manishimwe R., Kone P., 2015. Perception of animal welfare by Cheikh Anta Diop University's students [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 68 (4): 151-156

■ INTRODUCTION

Le bien-être animal (BEA) est aujourd'hui au cœur de nombreuses discussions et débats philosophiques, sociaux, économiques, scientifiques et politiques. On entend par bien-être animal la manière dont un animal évolue dans les conditions qui l'entourent (OMS, 2010). Le Farm Animal Welfare Council (1992) définit le BEA à travers les cinq libertés indispensables au bien-être des animaux :

l'absence de faim, de soif ou de malnutrition ; la présence d'abris appropriés et le confort ; l'absence de maladie et de blessures ; l'absence de peur et d'anxiété ; et la possibilité d'exprimer les comportements normaux de l'espèce ; ces cinq libertés ont toutes un poids identique pour le BEA. Le BEA requiert les éléments suivants : prévention et traitement des maladies, protection appropriée, soins, alimentation adaptée, manipulations réalisées sans cruauté, abattage ou mise à mort effectués dans des conditions décentes (OMS, 2010).

En 2000, l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) a défini le BEA comme domaine d'action prioritaire dans le cadre de son plan stratégique couvrant la période 2001–2005. Dans le cadre du cinquième plan stratégique (2011–2015), l'OIE a poursuivi ses travaux sur le bien-être des animaux utilisés pour la recherche et l'enseignement, et dans les systèmes de production animale, dont les poissons d'élevage. Pour cela l'OIE a mis en place des règles et des normes internationales sur le BEA basées sur des résultats scientifiques. Trois conférences internationales ont été organisées : à Paris en 2004, au Caire en 2008 et en Malaisie en 2012 (OMS, 2012).

1. School of Animal Sciences and Veterinary Medicine, College of Agriculture, Animal Sciences and Veterinary Medicine, University of Rwanda, BP 57, Nyagatare, Rwanda.

2. Ministère de l'Élevage / Université Dan Dicko Dankoulodo, Maradi, Niger.

3. Service de microbiologie / immunologie / pathologie infectieuse, Département santé publique et environnement, Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires de Dakar, Dakar-Fann, Sénégal.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +250 787 36 39 43 ; +250 722 24 69 62

Email : dkmfauستا6@yahoo.fr



Diverses études et enquêtes d'opinion, d'évaluation des connaissances et de la perception du BEA ont été menées dans différents pays (Australie, Etats-Unis, Nouvelle-Zélande, France, Belgique, Grande-Bretagne, entre autres) (Coleman, 2009 ; Heleski et Zanella, 2006 ; Williams et al., 2007). Cependant, très peu d'études ont été réalisées en Afrique jusqu'à présent. Pour donner une idée de la perception du BEA en Afrique, cette étude a été réalisée au sein de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (ou Université de Dakar, ou UCAD). L'UCAD est la principale université du Sénégal. Elle est la plus ancienne université d'Afrique noire d'expression française et fait partie des plus renommées sur le continent. Elle forme les cadres d'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique en général. Cette étude a eu pour objectif de donner une idée générale de la conception du BEA chez les futurs cadres africains, surtout d'Afrique de l'Ouest.

■ MATERIEL ET METHODES

Les étudiants de l'université Cheikh Anta Diop sont originaires de nombreux pays d'Afrique francophone : Afrique de l'Ouest, Maghreb, Gabon, Cameroun, République centrafricaine, République démocratique du Congo, entre autres. Des pays francophones d'autres continents sont également représentés à l'UCAD (par exemple France, Belgique, Liban, Canada). Les étudiants poursuivent des formations dans des domaines variés, notamment l'éducation, la santé, la médecine, les sciences humaines, l'économie, la gestion, les sciences juridiques, les sciences politiques, les sciences sociales, la technologie. Toutes les classes d'âge sont représentées. L'UCAD accueillait 84 396 étudiants pendant la période d'étude du 16 janvier au 2 mai 2012.

Cette université comprend six facultés, trois écoles, un centre de formation, un institut de formation et douze instituts d'université (UCAD, 2012). L'étude a porté sur les six facultés, deux écoles, un centre de formation et un institut de formation : la Faculté des sciences et techniques (FST), la Faculté de médecine, pharmacie et odonto-stomatologie (Fmpos), la Faculté des lettres et sciences humaines (FLSH), la Faculté des sciences économiques et de gestion (Faseg), la Faculté des sciences et technologies de l'éducation et de la formation (Fastef), la Faculté des sciences juridiques et politiques (FSJP), l'Ecole supérieure polytechnique (ESP), l'Ecole des bibliothécaires, archivistes et documentalistes (EBAD), le Centre d'études des sciences et techniques de l'information (Cesti) et l'Institut national supérieur de l'éducation et du sport (Inseps). Parmi eux, l'Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires (Eismv) a été exclue car une étude similaire y avait été conduite l'année précédente (Adjé Koffi, 2011).

La taille de l'échantillon était de 168. Elle a été calculée avec le logiciel Win Episcopo 2.0 en considérant le niveau des connaissances sur le BEA des acteurs de l'Eismv de Dakar qui est de 87,7 % (Adjé Koffi, 2011) avec un niveau de confiance de 95 %. Le nombre de personnes à interroger dans chacune des entités a été calculé par échantillonnage stratifié proportionnel.

Un questionnaire structuré (cf. matériel supplémentaire) a été utilisé pour récolter les données. Les fiches d'enquête ont été remplies par les enquêtés eux-mêmes en présence et avec l'aide des enquêteurs. Les données ont été saisies avec le logiciel EpiData 3.1, puis traitées et visualisées avec Excel 2007. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel R 2.13.0. Les tests du Chi² et l'Anova ont été les principaux tests utilisés. Le niveau de significativité a été fixé à $p < 0,05$. Une échelle de Likert a été utilisée pour classer les opinions. C'est une échelle de jugement, avec laquelle la personne interrogée exprime son degré d'accord ou de désaccord vis-à-vis d'une affirmation. L'échelle contient en général

trois à sept choix de réponses qui permettent de nuancer le degré d'accord. Une note est attribuée à chaque réponse proposée, ce qui permet un traitement quantitatif des données. Le texte des étiquettes est variable (Altinok, 2005). Dans notre étude, trois types d'échelles ont été utilisés : 1 = pas du tout, 2 = un peu, 3 = plus ou moins, 4 = beaucoup ; 1 = en total désaccord, 2 = plus ou moins pas d'accord, 3 = neutre, 4 = plus ou moins en accord, 5 = tout à fait d'accord ; et 1 = très défavorable, 2 = moyennement défavorable, 3 = un peu défavorable, 4 = neutre, 5 = un peu favorable, 6 = moyennement favorable, 7 = très favorable.

■ RESULTATS

Parmi les 168 étudiants interrogés, 119 (71 %) étaient de sexe masculin et 49 (29 %) de sexe féminin. Le tableau I montre la répartition des étudiants par classe d'âge, faculté ou école, et année d'étude.

Relation avec les animaux

Sur les 168 étudiants, 45 % possédaient des animaux. Parmi eux, 70 % avaient des animaux d'élevage, 18 % des animaux de compagnie et seulement 12 % les deux types d'animaux. Plus d'un tiers (37,1 %) aimaient beaucoup les animaux. L'échelle de Likert a montré qu'en général les étudiants de l'UCAD aimaient plus ou moins les animaux avec un score moyen de $3,00 \pm 0,14$.

Connaissances générales sur le BEA

Plus de la moitié (57 %) des étudiants avaient entendu parler au moins une fois de la notion de BEA. Les avis étaient significativement liés à la possession d'animaux ($p = 0,008922$), à la faculté, école ou institut ($p < 2,2 \cdot 10^{-16}$). Les étudiants qui possédaient des animaux et ceux de la Fastef étaient davantage renseignés sur la notion du BEA, dans des proportions respectives de 71 et 67,1 %. Parmi les étudiants 60,4 % avaient entendu parler de la notion de BEA à travers les médias et seulement 9,3 % à travers les cours à l'université.

Seulement 4,8 % des enquêtés ont donné la définition complète du BEA constituée des cinq libertés et 24 % connaissaient au moins trois des cinq principes. La troisième liberté (bonne santé et absence de blessure et/ou de douleurs) était la plus connue (73,9 %), tandis que la cinquième (absence de peur et de détresse) n'était connue que de 16 % des enquêtés.

Respect du bien-être animal dans les conditions d'élevage africaines

Parmi les étudiants 67,6 % étaient d'accord avec le fait que le BEA est une question primordiale en Afrique. Cependant, l'échelle de Likert a montré qu'ils étaient plus ou moins d'accord avec un score moyen de $3,78 \pm 0,2$. De plus, il existait une différence significative par rapport à l'âge ($p = 0,03902$) : les étudiants âgés entre 15 et 26 ans étaient plus en accord avec le fait que le BEA est une question primordiale en Afrique (80 %). En général, environ un tiers (32,1 %) des étudiants étaient plus ou moins en accord avec le fait que le BEA est respecté dans les conditions d'élevage en Afrique.

Sensibilité des animaux et utilisation des animaux dans la recherche scientifique

Parmi les interviewés 73,2 % pensaient que les animaux ressentent la douleur comme les humains. Concernant l'utilisation des animaux dans la recherche scientifique, 64 % y étaient favorables, 20 % défavorables et 16 % neutres. L'échelle de Likert a montré que de manière générale ils y étaient un peu favorables avec un

score moyen de $4,94 \pm 0,28$. Il existe une différence significative entre les différentes facultés, écoles, centre et institut ($p < 2,2e-16$). En effet les étudiants de Fastef et Fmpos étaient très favorables à l'utilisation des animaux dans la recherche scientifique (scores respectifs de $5,72 \pm 1,94$ et de $5,63 \pm 2,01$).

Bien-être animal et exploitation des animaux

Parmi les étudiants 92,8 % considéraient qu'il y avait une relation entre le BEA et la productivité, et 89,8 % pensaient que la prise en compte du BEA dans les conditions d'élevage en Afrique permettrait d'augmenter la productivité. Leur réponse a été en général

neutre sur la question de l'utilisation des animaux en exploitation agricole (score moyen de $4,25 \pm 0,32$). Par ailleurs, 59 % pensaient que de manière générale les animaux étaient maltraités, 17 % pensaient le contraire, et 24 % affirmaient ignorer les conditions des animaux exploités dans le secteur agricole. Près de 40 % des étudiants affirmaient que le concept du BEA n'était pas respecté dans le domaine du transport, 48,8 % pensaient le contraire et 11,9 % se sont abstenus. Ces avis ont été significativement influencés par le sexe ($p = 0,0205$) et le niveau d'étude ($p = 0,03419$). Les étudiants de première année et les étudiantes en général ont été plus nombreux à penser que le BEA n'était pas respecté dans le domaine du transport (respectivement 57,4 et 69,9 %).

Tableau I

Résultats principaux de l'enquête sur la perception du bien-être animal (BEA) par les étudiants de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar au Sénégal

		Effectif (n = 168)	Ont entendu ¹	Connaissent ²	Utilisation dans la recherche ³	Question primordiale en Afrique ⁴	BEA et productivité ⁵
Echantillon (%)			98 (57)	40 (24)	Score moyen $4,9 \pm 0,3$	Score moyen $3,8 \pm 0,2$	Sont en accord (%) 155 (92,8)
Sexe (%)	Masculin	119	67 (53,7)	28 (23,5)	$4,9 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	110 (92,4)
	Féminin	49	32 (65,3)	13 (26,5)	$4,8 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	46 (93,8)
	Significativité		NS	NS	NS	NS	NS
Age (%)	[15–20 ans]	12	7 (58,3)	1 (8,3)	$4,9 \pm 1,9$	$3,7 \pm 1,4$	10 (83,3)
	[21–26 ans]	111	68 (61,2)	26 (23,6)	$4,9 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	101 (91,8)
	[27–32 ans]	38	17 (44,7)	10 (26,3)	$4,8 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	37 (97,3)
	> 32 ans	7	4 (57,1)	3 (42,8)	$4,9 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	7 (100)
	Significativité		NS	$p = 0,022$	NS	$p = 0,039$	NS
Facultés et écoles au sein de l'université (%)	Faseg	14 (8,3)	8 (57,1)	14,2	$4,5 \pm 1,7$	$4,1 \pm 1,4$	14 (100)
	Fastef	10 (5,9)	8 (80)	3 (30)	$5,7 \pm 1,9$	$3,5 \pm 1,6$	8 (80)
	FLSH	52 (30,9)	26 (50)	3 (5,7)	$4,8 \pm 2,0$	$3,8 \pm 1,4$	50 (96,1)
	Fmpos	5 (3)	2 (40)	3 (60)	$5,6 \pm 2,0$	$3,0 \pm 1,2$	5 (100)
	FSJP	26 (15,5)	16 (61,5)	5 (19,2)	$4,8 \pm 2,1$	$4,0 \pm 1,3$	24 (92,3)
	FST	49 (29,2)	29 (59,2)	13 (26,5)	$4,7 \pm 1,8$	$3,8 \pm 1,4$	45 (91,8)
	Cesti	3 (1,8)	2 (66,6)	1 (33,3)	$4,9 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	3 (100)
	EBAD	2 (1,2)	0 (0)	0 (0)	$4,5 \pm 0,7$	$4,0 \pm 1,4$	2 (100)
	Insep	4 (2,4)	3 (75)	1 (25)	$4,5 \pm 1,4$	$3,8 \pm 1,4$	4 (100)
	ESP	3 (1,7)	2 (66,6)	0 (0)	$4,8 \pm 1,9$	$3,7 \pm 1,1$	1 (33,3)
Significativité		$p < 2,2 \cdot 10^{-16}$	NS	$p < 2,2e-16$	NS	NS	
Niveau d'étude (%)	1 ^{re} année	42 (25)	27 (64,3)	10 (23,8)	$4,8 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	37 (88,1)
	2 ^e année	32 (19)	17 (53,1)	7 (21,8)	$4,8 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	30 (93,7)
	3 ^e année	21 (12,5)	13 (61,9)	0 (0)	$4,9 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	19 (90,5)
	4 ^e année	16 (9,5)	8 (50)	6 (3,7)	$4,9 \pm 1,9$	$3,8 \pm 1,4$	15 (93,7)
	5 ^e année	41 (24,4)	22 (53,6)	12 (29,2)	$4,9 \pm 2$	$3,8 \pm 1,4$	40 (97,6)
	> 5 ^e année	16 (9,5)	9 (56,2)	6 (3,7)	$4,9 \pm 2,1$	$3,7 \pm 1,4$	15 (93,7)
Significativité		NS	NS	NS	NS	NS	

¹ Ont entendu parler de la notion de BEA au moins une fois

² Connaissent entre trois et cinq principes de liberté des animaux

³ Opinion sur l'utilisation des animaux dans la recherche scientifique : 1 = très défavorable ; 2 = moyennement défavorable ; 3 = un peu défavorable ; 4 = neutre ; 5 = un peu favorable ; 6 = moyennement favorable ; 7 = très favorable

⁴ Opinion sur le BEA en tant que question primordiale en Afrique : 1 = en total désaccord ; 2 = plus ou moins pas d'accord ; 3 = neutre ; 4 = plus ou moins d'accord ; 5 = tout à fait d'accord

⁵ Considèrent que la prise en compte du BEA permet d'augmenter la productivité

NS : non significatif

■ DISCUSSION

Connaissances générales sur le BEA

Seulement 57 % des étudiants de l'UCAD ont entendu parler au moins une fois de la notion de BEA. Les médias constituaient la source d'information principale. Une différence significative a été constatée entre les facultés, écoles, centre et institut. Les étudiants de la faculté de Fastef ont davantage entendu parler de la notion de BEA. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'ils ont vocation à devenir enseignants et ont donc *a priori* une plus grande culture générale. A l'Eismv de Dakar 87,7 % des étudiants, des enseignants-chercheurs et du personnel technique et administratif ont entendu parler de la notion de BEA (Adjé Koffi, 2011). Ceci peut s'expliquer par le fait que les acteurs de l'Eismv ont une grande connaissance des sciences animales.

Respect du bien-être animal dans nos conditions d'élevage d'Afrique

La majorité des enquêtés (63 %) était plus ou moins d'accord avec le fait que le BEA doit être une question primordiale – même si 22,5 % d'entre eux se sont opposés à cet énoncé –, un résultat légèrement inférieur à celui trouvé à l'Eismv, soit 69 % des étudiants, enseignants-chercheurs, et personnel technique et administratif. La raison de cette légère différence pourrait être due au fait que l'étude à l'Eismv impliquait d'autres acteurs que les étudiants, notamment les enseignants-chercheurs qui étaient majoritairement des vétérinaires, alors que notre étude a été réalisée exclusivement au sein d'une communauté estudiantine de disciplines variées.

Une enquête similaire, réalisée en Australie en 2005 auprès de 1061 opérateurs d'élevage, a montré que 60 % des interviewés approuvaient le fait que le bien-être des animaux soit une question fondamentale et 12 % étaient contre (Coleman et al., 2005). En outre, 22,5 % des répondants pensaient que le BEA n'était pas une question primordiale, avec 79,1 % parmi ceux-ci estimant que cette question était certes importante sans être primordiale ; pour eux le BEA ne peut pas être primordial dans les contrées africaines car le bien-être des humains passe avant celui des animaux. Ils affirment que le continent africain est confronté à plusieurs problèmes affectant directement l'espèce humaine qui doivent être résolus en priorité, comme les guerres, les maladies diverses, la famine, l'éducation. Pour cela, selon eux, le BEA n'est pas prioritaire.

Cet avis est contraire à celui de Kant qui dit que « les animaux étant des purs moyens mis à la disposition de l'humanité, la cruauté envers eux constitue une violation du devoir de l'homme envers lui-même » (Burgat, 2002). Ainsi pour Kant, le BEA est une partie intégrante du bien-être des humains alors que selon les réponses obtenues, les humains doivent d'abord s'occuper de leur propre bien-être avant de s'occuper de celui des animaux.

Sensibilité des animaux et utilisation des animaux dans la recherche scientifique

La majorité des étudiants interviewés (73,2 %) pensaient que les animaux ressentaient la douleur comme les humains. Ceci est en accord avec les résultats d'une étude menée aux Etats-Unis révélant que 60 % des étudiants vétérinaires étaient d'accord sur le fait que les animaux sauvages ressentent la douleur de manière similaire aux humains (Heleski et Zanella, 2006). Une autre étude a également montré que 70 % des opérateurs d'élevage en Australie étaient en désaccord avec l'affirmation selon laquelle les animaux ne ressentent pas de douleur comme les humains. De même, ces

résultats sont semblables à ceux obtenus en Nouvelle-Zélande par Williams et al. (2007).

La problématique de la douleur et de la sensibilité des animaux dépend de l'espèce concernée car la sensation de douleur est liée au développement du système nerveux. Les études ont montré une hiérarchisation des conceptions sur ce sujet par les personnes enquêtées. Les investigations menées à l'Eismv montrent que 37 % des étudiants, enseignants-chercheurs, et personnel administratif et technique s'accordent avec le fait que les poules, les carnivores, les porcs et les ruminants ressentent la douleur comme les humains. Cependant, 43,4 % des enquêtés pensent que ce sont les carnivores domestiques qui ressentent la douleur comme les humains. Cette hiérarchisation dans le cas des animaux domestiques place les chiens et les chats comme les animaux les plus sensibles, viennent en seconde position les porcs, puis les ruminants et enfin les volailles (Adjé Koffi, 2011). Une étude menée auprès d'étudiants vétérinaires de l'Université Cornell aux Etats-Unis montre la hiérarchisation suivante sur la question du degré de sensibilité des animaux : chien, chat, bovin, petit ruminant, porc et volaille (Levine et al., 2005). En outre, une étude réalisée à l'Université de Cambridge au Royaume-Uni indique la hiérarchisation suivante : singe, chien, renard, porc, volaille, rat et poisson (Phillips et McCulloch, 2005). Cette étude montre aussi une différence de perception par rapport à la nationalité : les étudiants européens sont beaucoup plus concernés par la douleur des animaux, les étudiants américains sont en deuxième position, tandis que les étudiants asiatiques sont les moins préoccupés. Pour ces trois nationalités, les personnes enquêtées pensent que les chiens et les chats ont des aptitudes cognitives plus développées que celles des autres espèces domestiques.

Le pourcentage d'étudiants favorables à l'utilisation des animaux dans la recherche scientifique (64 %) est proche de celui relevé à l'Eismv où 60 % des étudiants, des enseignants-chercheurs et du personnel technique y sont favorables, avec 80 % d'entre eux préférant l'utilisation d'animaux exempts de douleur, et la totalité des enseignants-chercheurs étant favorable à l'utilisation d'animaux exempts de douleur (Adjé Koffi, 2011). Mais l'enquête réalisée aux Etats-Unis chez les chercheurs et les sympathisants de la cause animale montre que seulement 43 % des chercheurs sont favorables à l'utilisation d'animaux exempts de douleur (Gardner et Goldberg, 2009). Lors de cette étude, 57 % des enquêtés montrent une grande réserve par rapport à l'utilisation des animaux dans la recherche scientifique. Ils craignent que ces animaux ne soient considérés comme des objets complexes faisant partie des équipements de laboratoire, et qu'ils soient soumis à des traitements cruels et indignes.

Certaines personnes acceptent le recours à l'expérimentation animale pour des motifs très sérieux. C'est le cas d'une enquête réalisée en France qui a montré que 56 % des Français sont favorables à l'usage de l'expérimentation animale pour la découverte de vaccins ou de médicaments, et 69 à 77 % le sont pour la recherche sur les maladies graves les plus connues (Verschuere et Lachapelle, 2008). L'acceptation de l'expérimentation animale pour la chirurgie est légèrement moindre (61 %). Le résultat principal de ce sondage montre que les Français acceptent très majoritairement le recours à l'expérimentation animale pour des motifs de santé sérieux.

Notre étude a montré que les étudiants de la Fastef et de la Fmpos étaient plus favorables à l'utilisation des animaux dans la recherche scientifique, ceci serait dû au fait que ces futurs instituteurs ou médecins sont plus enclins à vouloir développer le domaine de la science par le biais des expériences.

Bien-être animal et exploitation des animaux

La grande majorité (93 %) des étudiants de l'UCAD pensait qu'il y avait une relation entre le BEA et la productivité, et la plupart d'entre eux (89,8 %) pensaient que la prise en compte du BEA dans les conditions d'élevage en Afrique permettrait d'augmenter la productivité. Ce résultat diffère de celui relevé à l'Eismv où 52 % des interviewés pensent que la production animale et le BEA peuvent être complémentaires (Adjé Koffi, 2011). La grande approbation des étudiants de l'UCAD montre que leurs connaissances sur le BEA sont limitées, contrairement aux acteurs de l'Eismv qui ont des avis réservés, confirmant les modèles de McLnerney (1991), et d'Alistair et al. (2004).

Pour McLnerney, dans un élevage, il y a une corrélation entre la rentabilité de l'élevage et le BEA : lorsque le BEA est négligé, le rendement de l'élevage est compromis. Le modèle proposé par cet auteur comporte quatre points clés. Dans le premier, à l'état sauvage ou naturel, l'animal développe une « productivité naturelle », mais son bien-être n'atteint pas un niveau maximal du fait des prédateurs, des maladies, du manque de nourriture ou d'autres causes naturelles défavorables. Dans le deuxième, dans un élevage, lorsque les conditions permettant de mieux répondre aux besoins des animaux sont présentes, la production augmente et leur bien-être s'améliore. Dans un premier temps par la satisfaction de leurs besoins de base, puis par la couverture de leurs besoins secondaires, comme la protection contre les maladies ou la mise à disposition d'un abri. L'état de bien-être atteint alors son niveau maximum. Dans le troisième, les efforts menés au-delà pour améliorer la production peuvent commencer à altérer le BEA. Enfin dans le quatrième, la conduite intensive de la production atteint (ou dépasse) les limites biologiques de l'animal, altérant de manière très importante son bien-être (cela correspond au point cruauté).

McLnerney a suggéré qu'une conduite d'élevage pour une production très intensive, qui ne fournit pas les ressources permettant de répondre aux besoins individuels des animaux adaptés à leur capacité de production, pouvait entraîner une détérioration rapide du BEA, bien au-delà de celui observé chez l'animal au stade naturel. Malheureusement pour les animaux, ils continuent d'être productifs, même quand leur bien-être est au niveau le plus bas (McLnerney, 1991).

Alistair et al. (2004) ont établi un autre modèle établissant la relation entre le BEA et la production animale. Quatre scénarios ont été décrits par cet auteur. Dans le premier, lorsque le profit est dominant et le bien-être est négligé dans un élevage, l'éleveur est gagnant et les animaux sont perdants. Dans le deuxième, lorsque le BEA est très négligé dans un élevage, le profit est minimum, et l'éleveur et les animaux sont tous perdants. Dans le troisième, l'état idéal pour une ferme est de mettre au même niveau le profit et le BEA, créant ainsi une harmonie parfaite. L'élevage devient rentable quand les attentes respectives de l'animal et de l'éleveur sont atteintes simultanément. Enfin dans le quatrième, lorsque dans un élevage le BEA est très dominant et le profit est minimum, l'éleveur est perdant mais les animaux sont gagnants.

Les modèles de ces deux auteurs aboutissent à la même conclusion : il faut évaluer correctement les compromis entre le profit et le BEA au niveau même de l'exploitation. Pour ce faire, il suffit d'identifier et d'estimer les coûts cachés et les avantages des décisions au niveau des exploitations. Ensuite, il faut avoir une très bonne connaissance de l'état physique des animaux, c'est-à-dire de leur bien-être, et une parfaite intégration de cette notion dans la modélisation économique au niveau des fermes d'élevage est nécessaire.

■ CONCLUSION

Plus de la moitié (57 %) des étudiants de l'UCAD ont entendu parler au moins une fois du BEA, 60,4 % parmi eux à travers les médias. Les étudiants de première et deuxième années étaient plus en accord avec le fait que le BEA est une question primordiale en Afrique, ce qui laisse espérer une intégration future du BEA dans les élevages en Afrique. Néanmoins, une sensibilisation pour améliorer les connaissances sur ce concept est nécessaire et devra se faire à travers les médias qui constituent le canal le plus utilisé par les étudiants de l'UCAD.

REFERENCES

- Adjé Koffi J.F., 2011. Perception du bien-être animal par les acteurs de la communauté de l'Eismv de Dakar. Thèse Doct., Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires de Dakar, Dakar, Sénégal (n° 8)
- Altinok N., 2005. L'apport des enquêtes internationales à la mesure qualitative du capital humain. Iredu, Dijon, France, 23 p.
- Burgat F., 2001. La demande concernant le bien-être animal. *Courr. Environ. INRA*, **44**: 65-68
- Coleman G., 2009. La perception sociale de la douleur animale. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.* (10) : 26-37
- Coleman G.J., Hay M., Toukhsati, 2005. Effects of consumer attitudes and behaviour on the egg and pork industries. Report to Australian Pork Ltd and Australian Egg Corp. Monash University, Clayton, Australia
- Farm Animal Welfare Council, 1992. FAWC updates the five freedoms. *Vet. Rec.* (17): 357
- Gardner R.M., Goldberg A.M., 2009. La production d'animaux « exempts de sensibilité à la douleur » est-elle une solution de remplacement acceptable ? *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.* (10) : 57-78
- Heleski C.R., Zanella A.J., 2006 Animal sciences student attitudes to farm animal welfare. *Anthrozoos*, **19** (1): 3-16
- Lawrence A.B., Conington J., Simm G., 2004. Breeding and animal welfare: practical and theoretical advantages of multi-trait selection. *Anim. Welfare*, **13**: S191-S196
- Levine F.D., Mills D.S., Houpt K.A., 2005. Attitudes of veterinary students at one US college towards factor relating to animal welfare. *J. Vet. Med. Educ.*, **32** (4): 481-490
- McLnerney J.P., 1991. Economic aspects of the animal welfare issue. In: Proc. Society of Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine, London, UK, p. 83-91
- OIE, 2010. Code sanitaire pour les animaux terrestres. Introduction sur les recommandations relatives au bien-être animal. OIE, Paris, France, articles 7.1.1 à 7.1.3
- OIE, 2012. Bien-être animal. www.oie.int/fr/bien-etre-animal/themes-principaux/ (consulté le 13 avril 2012)
- Phillips C.J.C., McCulloch S., 2005. Attitudes of students of different nationalities toward animal sentience and the use of animal in society, with implication for animal use in education. *J. Biol. Educ.*, **40** (1): 17-24
- Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal. www.ucad.sn/index.php?option=com_content&view=article&id=252&Itemid=277 (consulté le 10 janvier 2012)
- Verschuere B., Lachapelle F., 2008. Résultats d'un sondage relatif à l'expérimentation animale en France. *Bull. Acad. Vét. Fr.*, **161** (5) : 393-397
- Williams V.M., Dacre I.T., Elliot M., 2007. Public attitudes in New Zealand towards the use of animals for research, testing and teaching purposes. *N. Z. J.*, **55** (2): 61-68

Summary

Dutuze M.F., Issa Garba A.R., Manishimwe R., Kone P. Perception of animal welfare by Cheikh Anta Diop University's students

Animal welfare is a very complex concept to define, but it is important for the quality of livestock products. To assess the perception of this concept, a study was conducted with students from the University of Cheikh Anta Diop (UCAD) in Dakar between January 16 and May 2, 2012. The student population was 84,396 at time of study. In total 168 students were interviewed using a structured questionnaire. The results showed that only 57% of them had heard of animal welfare at least once and 60.4% among them *via media*. Students' knowledge on animal welfare varied between schools: students of the School of Sciences and Technology of Education and Training (FASTEF) were the most informed. Moreover, 73.2% believed that animals are sentient and 93% that there is a relationship between animal welfare and productivity. It is essential to make students aware of this concept and to do so *via media*, because media are the channels of information the most used by UCAD students.

Keywords: animal welfare, pain, awareness raising, student, productivity, Senegal

Resumen

Dutuze M.F., Issa Garba A.R., Manishimwe R., Kone P. La percepción de bienestar de los animales por parte de los estudiantes de la Universidad Cheikh Anta Diop de Dakar

El Bienestar de los Animales (BEA) es un concepto muy complejo de definir, pero es importante para la calidad de los productos ganaderos. Para evaluar la percepción de este concepto, se realizó un estudio dentro de la comunidad estudiantil de la Universidad Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), entre el 16 de enero y el 2 de mayo de 2012. Durante este periodo la población estudiantil era de 84 396. Se entrevistó una muestra de 168 estudiantes, mediante un cuestionario estructurado. El estudio mostró que sólo el 57% de los encuestados había escuchado al menos una vez hablar de BEA, del cual 60,4% a través de los medios de comunicación. Los conocimientos de los estudiantes sobre la BEA variaron de una escuela a otra: los estudiantes de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Educación y Formación (FASTEF) estaban mejor informados. Entre los encuestados, 73,2% cree que los animales sienten dolor y 93% de que existe una relación entre BEA y la productividad. Es necesaria una sensibilización de este concepto y debe hacerse a través de los medios de comunicación, que son el canal más utilizado por los estudiantes de UCAD.

Palabras clave: Bienestar animal, dolor, sensibilización, estudiante, productividad, Senegal

Enquêtes entomologiques préparatoires à une lutte à grande échelle contre les glossines, assistées par un système d'information géographique : cas de la Pattec au Burkina Faso

Lassané Percoma^{1*} Zowindé Koudougou¹
Oumarou Serdebeogo¹ Issa Tamboura¹ Mamadou Ouedraogo¹
Jérémy Bouyer^{2,3,4,5} Adrien M.G. Belem⁶ Issa Sidibé^{1,7}

Mots-clés

Glossina, lutte antivagueur, système d'information géographique, cartographie, entomologie, Burkina Faso

Accepted: 2 November 2015;
Published: 9 May 2016

Résumé

Le système d'information géographique constitue une aide considérable lors de la définition d'un plan de lutte contre les glossines. Son application pratique pour la collecte de données entomologiques servant de base à la planification de la lutte et à son évaluation future a été faite dans l'ouest du Burkina Faso, de décembre 2007 à novembre 2008. Choisie pour englober les bassins versants des principaux fleuves ou rivières et les limites de distribution de *Glossina palpalis gambiensis* et *G. tachinoides*, la zone d'étude a été divisée en cellules de 10 km x 10 km. Dans chaque cellule, un maximum de 13 sites potentiels de piégeage ont été sélectionnés par l'utilisation d'imagerie satellite, puis repérés sur le terrain à l'aide du système mondial de positionnement (GPS). L'enquête entomologique a été réalisée avec des pièges biconiques Challier-Laveissière et les récoltes ont eu lieu 72 heures après leur installation. L'analyse des données a été conduite en utilisant des modèles aléatoires mixtes binomiaux et de distribution de Poisson. La cartographie, réalisée avec le logiciel Arc Gis 9.3, a permis de déterminer la limite nord (12° 45' N) des glossines dans la zone d'intervention. Les proportions de sites infestés étaient de 89,6 et 76,4 % respectivement au niveau des sections ascendante et descendante de la rivière Mouhoun (la première coule vers le nord-est depuis la source, la seconde vers le sud-est puis le sud après avoir conflué avec le Sourou), et de 16,7 et 10,3 % respectivement au niveau de leurs affluents. Entre les isohyètes 700–800 m et 800–900 m aucune différence significative n'a été observée dans les densités apparentes des glossines par piège, ni dans les sites infestés. Les deux espèces de glossines capturées étaient distribuées différemment selon les sections du Mouhoun : les captures étaient composées de 79,5 % de *G. p. gambiensis* sur la section ascendante et de 96,0 % de *G. tachinoides* sur la section descendante. Les captures de vecteurs mécaniques ont été relativement faibles, leur distribution étant comparable à celle des glossines avec cependant quelques densités importantes sur les affluents.

■ Comment citer cet article : Percoma L., Koudougou Z., Serdebeogo O., Tamboura I., Ouedraogo M., Bouyer J., Belem A.M.G., Sidibé I., 2015. Preparatory entomological surveys for full-scale tsetse-fly control, assisted with a geographic information system: PATTEC case in Burkina Faso [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **68** (4): 157-165

1. Pattec, BP 1087, 01 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
2. Cirad, UMR Cmaee, Dakar-Hann, Sénégal.
3. Cirad, UMR Cmaee, 34398 Montpellier, France.
4. ISRA, Lnerv, Dakar-Hann, Sénégal.
5. Cirad, UMR Intertryp, 34398 Montpellier, France.
6. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
7. Cirades, 01 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : + 226 70 73 92 06/76 99 36 59 ; fax : + 226 20 97 09 55

Email: percomalas@yahoo.fr



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

■ INTRODUCTION

Les glossines ou mouches tsé-tsé sont les principaux vecteurs des trypanosomoses humaine et animales africaines, qui sont respectivement une maladie négligée et une des contraintes pathologiques majeures à la production animale en Afrique subsaharienne (Vreysen et al., 2011). Selon l'Organisation de l'unité africaine (OUA, 2000), les trypanosomoses constituent ainsi le plus grand obstacle à l'élevage et à la production agricole du continent. Considérées comme une grave menace pour la vie et les moyens de subsistance des communautés, elles coûtent annuellement plus de cinq milliards de dollars à l'économie africaine (Budd, 1999).

Connues comme vecteurs des trypanosomoses depuis 1903, les tsé-tsé font l'objet d'une lutte acharnée dès les années 1920 (Laveissière et al., 2000). Les différentes méthodes de lutte employées ont permis de débarrasser des glossines de vastes zones au cours des années 1940, 1950 et 1960 dans plusieurs pays africains. Mais très rapidement, la plupart de ces acquis ont été amoindris du fait de la réinvasion (OUA, 2000).

A la lumière de ces expériences et consciente du fait que l'élimination de la mouche tsé-tsé et de la trypanosomose serait perçue comme un maillon important du redressement des économies africaines, l'Union Africaine a lancé en 2000, lors d'une réunion tenue à Lomé (Togo), une vaste campagne d'éradication (OUA, 2000). Solution idéale mais très difficile à atteindre selon Laveissière et al. (2000), l'éradication des glossines permettrait une amélioration des conditions de vie des ménages. L'approche stratégique retenue est le concept de *area-wide integrated pest management*. Cette approche consiste en une combinaison de plusieurs stratégies de lutte, les unes efficaces contre les populations de glossines de forte densité, les autres contre celles à faible densité, dans l'optique d'aboutir au contrôle ou à l'éradication totale dans une zone isolée, que ce soit naturellement ou par la pose de barrières (Vreysen et al., 2007 ; Vreysen et al., 2011).

La technique de l'insecte stérile est une grande composante de ce concept. Associée à plusieurs autres techniques, elle a été très souvent utilisée avec succès dans l'éradication, la suppression, ou le contrôle de diptères nuisibles dans divers pays. Le dernier exemple en date est l'éradication de *Glossina austeni*, Newstead, 1912, sur l'île de Zanzibar en 1997 (Vreysen et al., 2000 ; Vreysen et al., 2011).

Mais le choix d'une stratégie efficace de lutte visant l'éradication nécessite la détermination préalable de la distribution spatiale des populations cibles. Cette détermination est facilitée par l'intégration de l'exploitation des images satellites et d'un système d'information géographique (SIG). Dans le cadre de la campagne panafricaine d'éradication des tsé-tsé et des trypanosomoses (Pattec) au Burkina Faso, la zone d'intervention, correspondant à la zone infestée de glossines, a été délimitée à l'ouest du pays grâce à l'utilisation de ces techniques. L'objectif de l'étude a été de présenter la contribution du SIG à l'établissement de la carte de distribution des glossines dans la zone d'étude et de préciser les relations entre cette distribution et l'environnement afin de préparer la phase de lutte.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Choix et préparation de la zone d'étude

La zone d'intervention de la Pattec Burkina se situe à l'ouest du pays sur une superficie de 96 600 kilomètres carrés (figure 1). Elle a été délimitée en tenant compte des cartes prédictives de distribution de *Glossina palpalis gambiensis* (*Gpg*) et de *Glossina tachinoides* (*Gt*), et des bassins versants des principaux cours d'eau (Mouhoun principalement, et Bani venant du Mali) (Pattec, 2006). Le planning et la préparation de la campagne de lutte ont été faits selon la méthode de Leak et al. (2008) concernant la collecte des données entomologiques de base. La zone entière a été quadrillée par 966 cellules de 10 km × 10 km (figure 1) et divisée en cinq blocs homogènes selon l'axe nord-sud.

Le bloc 1 a été retenu prioritairement pour effectuer les enquêtes préparatoires à la lutte du fait de l'existence d'une barrière naturelle de distribution de *Gpg* et *Gt* à sa limite nord. Mais par la suite la nécessité de trouver des sites facilement accessibles pour l'implantation d'autres barrières a conduit à l'intégration du bloc 2 dans la zone d'étude. Cette zone d'étude (soit les deux blocs réunis) a une superficie de 51 300 kilomètres carrés. De plus,

ce premier bloc couvre la boucle du Mouhoun qui se situe dans le triangle cotonnier ouest-africain, zone prioritaire pour la lutte contre les trypanosomoses animales africaines (Hendrickx et al., 2004 ; Bouyer, 2006).

Traitement d'image satellitaire

Des images satellitaires Landsat 2003 obtenues grâce au projet BKF5004 Feasibility Study on Applying the Sterile Insect Technique to Create a Tsetse free Zone, ainsi que d'autres images réalisées en 2000 ont été utilisées. Pour la sélection des sites de piégeage, une composition colorée rouge verte bleue (RGB) a été réalisée afin de mieux discriminer la végétation active. Une telle composition est la superposition de trois canaux colorés, chacun dans une couleur fondamentale, permettant d'identifier par des teintes contrastées les différents thèmes ou phénomènes recherchés (Girard et Girard, 1999 ; Guerrini, 2004). Un canal est une image (ou une information) obtenue pour chacune des régions du spectre électromagnétique capté par le satellite, qui permet de caractériser un objet au sol. La combinaison dite de fausses couleurs a été faite : la couleur rouge a été affectée à la végétation, le vert au sol nu et le bleu à l'eau. Dans le souci d'augmenter la résolution spatiale, la bande panchromatique a été utilisée avec les techniques *resolution merge* de Brovey Transform (Gillespie et al., 1987) et *smoothing filter-based intensity modulation* (SFIM) (Liu et Moore, 1998) pour obtenir une composition colorée de résolution 14,25 m au lieu de 28,5 m (Liu, 2000).

Choix des sites de piégeage

Des travaux antérieurs réalisés par la FAO, le Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (Cirades), l'Unité centrale de lutte contre la trypanosomiase / Agence internationale de l'énergie atomique (UCLT/AIEA) et la Direction du laboratoire nationale d'élevage (DLNE) ont permis de supprimer de la zone d'étude certaines parties de la province de la Kossi, où plusieurs enquêtes avaient révélé une absence de glossines. Pour le choix des sites de piégeage, la carte représentant les cellules de 10 km x 10 km a été superposée aux images satellitaires traitées. Les gîtes potentiels de présence des glossines étaient

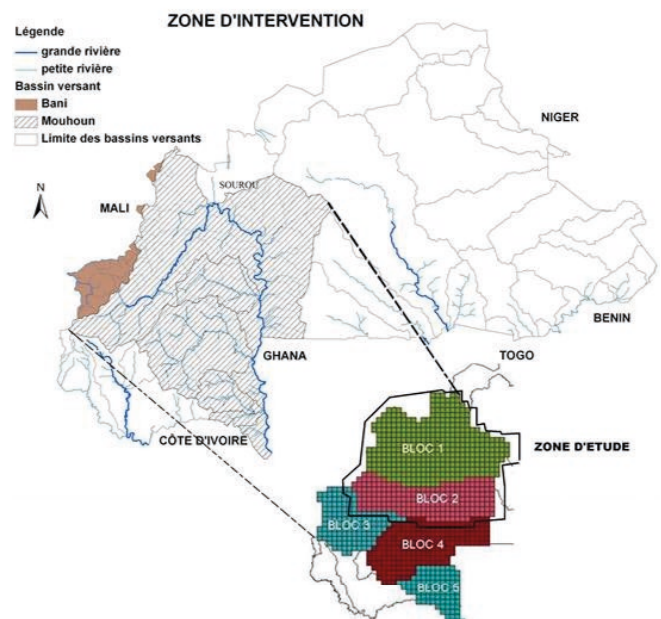


Figure 1 : zone d'étude située dans l'ouest du Burkina Faso.

ceux ayant une forte densité de végétation et bénéficiant de la proximité de cours d'eau. Pour harmoniser l'enquête, un maximum de 13 sites a été retenu par cellule (figure 2). Les coordonnées des sites ainsi identifiées ont été transférées dans des GPS afin de guider les enquêtes entomologiques (Bouyer et al., 2010). Ces dernières ont été réalisées par quatre équipes qui ont évolué chacune sur une rive du Mouhoun du fait de la difficulté de traverser le cours principal et de prospecter simultanément de part et d'autre.

Collecte de données entomologiques

Sur la base des sites présélectionnés, des cartes thématiques ont été produites portant les codes des sites, les routes, les cours d'eau ainsi que les villages importants (villages riverains des sites). Avant la prospection, un important travail de sensibilisation sur l'impact socio-économique des glossines ainsi que sur les objectifs recherchés par l'initiative Pattec avait été fait auprès des chefs de villages, et des différentes communautés ethniques, religieuses, politiques et sociales (Rouamba et al., 2009). Sur le terrain, les sites ont été localisés grâce à l'utilisation de GPS. Les enquêtes ont été réalisées à l'aide de pièges biconiques (Challier et Laveissière, 1973) qui permettent d'obtenir un échantillon des populations de glossines représentatif d'une zone (Gouteux et al., 1981). Ce sont des pièges standards connus pour leur efficacité à capturer des glossines riveraines (Dao et al., 2008).

Dans chaque site, deux pièges distants de 100 mètres minimum ont été posés aux endroits considérés comme favorables : un maximum de 26 pièges ont donc été posés par cellule. Pour augmenter l'efficacité du piégeage, un sachet contenant 2 ml d'une mixture d'attractif olfactif (0,15 ml de 3-n-propylphénol, 0,62 ml de 1-octén-3-ol et 1,23 ml de paracrésol) a été suspendu à un crochet à l'intérieur de chaque piège. L'adjonction de cet attractif olfactif multiplie par 4 à 5 les captures de *Gt*, et par 2 celles de *Gpg* (Rayassé et al., 2010). Chaque piège a été géo-référencé et identifié par un code unique. Les données caractéristiques de localisation de chaque piège (région, province, département, terroir villageois, nom des membres de l'équipe, code du piège, longitude, latitude, altitude, date et heure de la pose, type de végétation,

espèces d'arbres dominantes), ont été consignées sur des fiches d'enquête. La base du piquet de fixation a été enduite de graisse pour éviter la prédation des insectes capturés par des fourmis. Pour favoriser une bonne visibilité et éviter que les pièges ne soient brûlés par d'éventuels feux de brousse, l'herbe sèche autour d'eux était balayée.

Les pièges étaient récoltés 72 heures après leur installation et dans l'ordre de pose. Les glossines capturées étaient séparées par espèce et par sexe, et les vecteurs mécaniques l'étaient par famille ou sous-famille et dénombrés. La date et l'heure de récolte étaient relevées.

Les données présentées ci-dessous ont été récoltées en trois périodes. Débutée le 3 décembre 2007, la prospection dans le bloc 1 s'est achevée le 6 février 2008. Après une interruption nécessaire à la planification de la prospection dans le bloc 2, cette dernière a débuté le 28 avril 2008, a été interrompue le 16 juin en raison de la saison pluvieuse qui rend l'accès aux sites impossible, et a repris le 10 novembre pour se terminer au cours du même mois.

Analyse des données

Deux grands critères environnementaux ont été pris en compte pour affiner la compréhension de l'écologie des glossines dans la zone d'étude : la localisation des pièges sur le cours d'eau principal (permanent) ou sur les affluents (en grande majorité temporaires), et la situation (amont/aval) par rapport au barrage du Sourou situé au sommet de la boucle du Mouhoun. La section ascendante du Mouhoun (partie coulant vers le nord-est, entre la source et la confluence avec le Sourou ; figure 1) possède en effet une forêt-galerie de type soudano-guinéen, alors que la section descendante (partie coulant vers le sud-est puis le sud après avoir conflué avec le Sourou) est de type soudanien (Bouyer et al., 2005). L'importance de ces critères pour expliquer la présence et l'abondance des glossines était connue mais devait être quantifiée pour optimiser la future campagne de lutte, en focalisant l'effort de lutte sur les zones les plus infestées.

L'analyse des pourcentages de sites infestés a été réalisée par des modèles aléatoires mixtes binomiaux et celle des densités apparentes par piège et par jour par des modèles aléatoires mixtes avec une distribution de Poisson. A chaque fois, le type de rivière près du piège (cours d'eau principal ou affluent) et sa position par rapport au Sourou (section ascendante ou descendante) ainsi que leur interaction de premier ordre ont été utilisés comme effets fixes. Les sites de piégeage ont été utilisés comme effets aléatoires. Les cartes ont été réalisées avec le logiciel Arc Gis 9.3.

RESULTATS

Variation des taux d'infestation en glossines en fonction des sections du Mouhoun, des affluents, des isohyètes et des captures globales

En 102 jours d'activité, 3189 pièges (trois pièges supplémentaires ont été posés dans trois sites différents) ont été posés dans 1593 sites, dont 833 sur la section ascendante du Mouhoun et 760 sur la section descendante. Des glossines ont été capturées dans 124 des 252 cellules prospectées (121 cellules ont été éliminées du fait qu'elles ne disposaient pas de cours d'eau et/ou de végétation favorable à l'existence de glossines ; figure 3). Au niveau de la section ascendante, 81,2 % des pièges ont été posés sur des affluents ; la proportion a été de 79,2 % pour la section descendante. Le site positif situé le plus au nord a été observé à 12° 45' 51" de lat. N et 3° 26' 07" de long. O, sur le Sourou. De

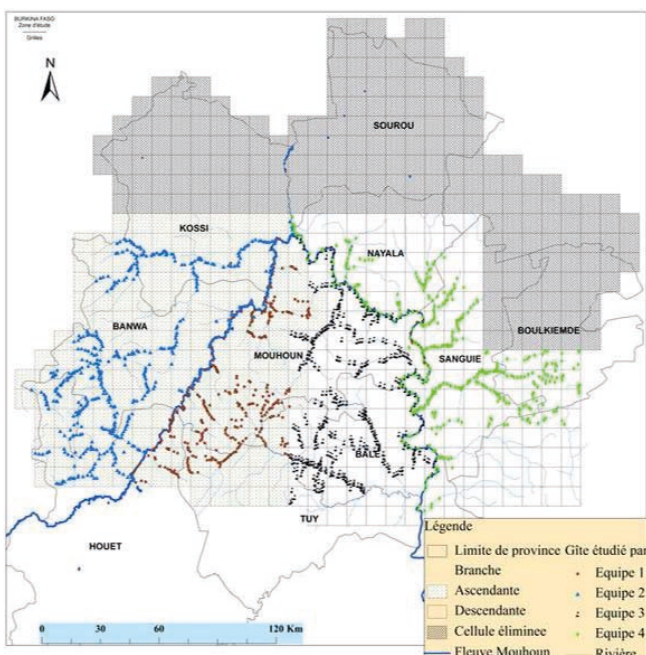


Figure 2 : distribution des sites de piégeage et des zones prospectées dans l'ouest du Burkina Faso par les quatre équipes.

manière générale, 488 des 1593 sites prospectés (30,6 %) étaient infestés de glossines, 32,9 % des sites de la section ascendante et 28,2 % de ceux de la section descendante.

Une plus faible proportion de sites était infestée sur les affluents que sur le cours principal du Mouhoun ($p < 0,0001$), et ce, sur les deux sections (figures 4 et 5). Seuls 19,9 % des sites des affluents de la section ascendante et 15,2 % des sites des affluents de la section descendante étaient infestés. Sur le cours principal, la section ascendante a présenté plus de sites infestés (89,1 %) que la section descendante (76,4 %) ($p = 0,002$).

Aucune différence significative n'a été observée entre les proportions de sites infestés pour les pièges posés entre les isohyètes 700 et 800 mm (89,7 % de pièges positifs) et 800 et 900 mm (89,5 %) au niveau du Mouhoun ($p > 0,96$). Il n'y a pas eu non plus de

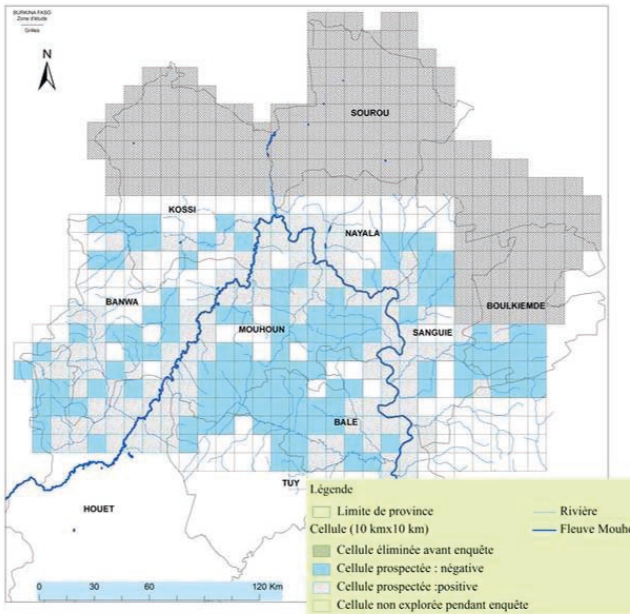


Figure 3 : cellules prospectées et non prospectées dans la zone d'étude située dans l'ouest du Burkina Faso.

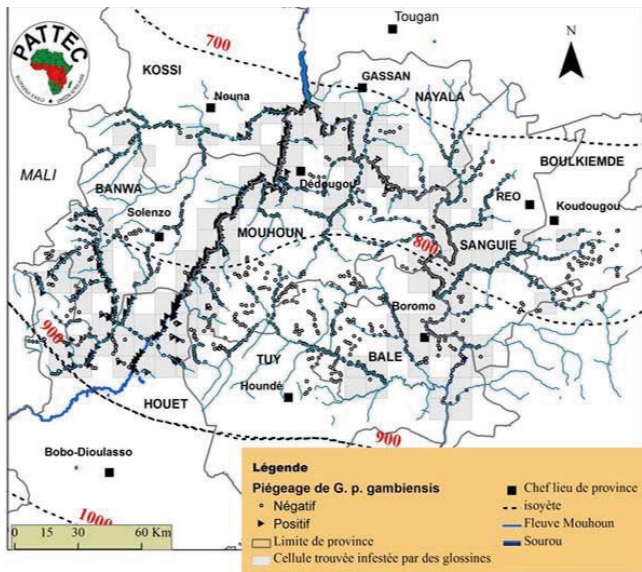


Figure 4 : répartition de Glossina palpalis gambiensis selon le cours d'eau et par niveau d'isohyète dans la zone de la rivière Mouhoun et de ses affluents au Burkina Faso.

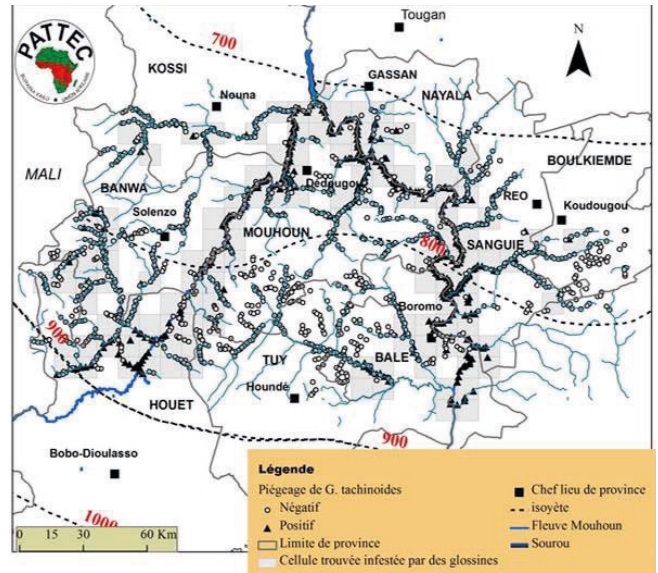


Figure 5 : répartition de Glossina tachinoides selon le cours d'eau et par niveau d'isohyète dans la zone de la rivière Mouhoun et de ses affluents au Burkina Faso.

différence significative entre les densités apparentes de glossines par piège par jour (DAP) selon les mêmes classes d'isohyètes, chaque section étant considérée séparément : les DAP moyennes ont été respectivement de $10,2 \pm 1,0$ et $13,5 \pm 1,6$ au niveau de la section ascendante, et de $2,2 \pm 0,3$ et $3,7 \pm 0,5$ au niveau de la section descendante. Le nombre de sites prospectés entre les isohyètes 600 et 700 mm, et 900 et 1000 mm a été faible et ainsi n'a pas donné de résultats fiables.

Importance relative des espèces de glossines le long des cours d'eau

Deux espèces de glossines, *Gpg* et *Gt*, ont été identifiées avec une grande variabilité selon les sections du Mouhoun. *Gpg* a été capturée dans $86,2 \pm 4,7$ % des sites de la section ascendante et $15,7 \pm 12,5$ % de ceux de la section descendante, et *Gt* respectivement dans $47,0 \pm 18,1$ % et $75,9 \pm 0,6$ % des sites. Au total, 16 972 glossines ont été capturées dont 9348 *Gpg* et 7624 *Gt* (tableau I). Les sex-ratios ont été respectivement de 1,1 et 0,8 pour *Gpg* et *Gt*.

Sur la section ascendante du Mouhoun, 98,83 % de *Gpg* et 33,68 % de *Gt* ont été capturées ; ces proportions ont été respectivement de 1,17 % et 66,12 % sur la section descendante. La section ascendante a été plus infestée que la section descendante ($p < 0,0001$) : 10 279 glossines y ont été capturées dans 312 pièges contre 2600 glossines dans 319 pièges sur la section descendante (tableau I).

En ce qui concerne les DAP, 92 *Gpg* et 43,3 *Gt* ont été observées au maximum sur la section ascendante du Mouhoun entre les isohyètes 700 et 800 mm, et 5,3 *Gpg* et 108,7 *Gt* sur la section descendante, entre les isohyètes 800 et 900 mm. Sur la section ascendante, plus on s'éloignait du Sourou, plus le nombre de *Gpg* augmentait et celui de *Gt* baissait. Le contraire a été observé au niveau de la section descendante.

Vecteurs mécaniques

Seules la sous-famille des Stomoxyinae et la famille des Tabanidae ont été identifiées. Au total, 8513 vecteurs mécaniques ont été capturés par 1417 des 3189 pièges posés (44,4 %). De manière générale, les densités moyennes par piège et par jour ont été faibles

aussi bien sur le cours principal que sur les affluents (tableau II). Une DAP maximale de 72 tabanidés a toutefois été notée sur un affluent de la section ascendante. Les vecteurs mécaniques ont surtout été présents en novembre-janvier, après la saison pluvieuse.

Sur les deux sections, une dominance des tabanidés par rapport aux stomoxes ($p < 0,05$) a été relevée dans les captures. Les DAP moyennes ont été de $1,1 \pm 3,5$ tabanidés et $0,1 \pm 0,6$ stomoxe sur la section ascendante, et de $0,5 \pm 1,8$ tabanidés contre $0,02 \pm 0,2$

Tableau I
Taux d'infestation et densités apparentes des glossines
au niveau de la rivière Mouhoun et de ses affluents au Burkina Faso

		Pièges		Glossines		
		Total	% positif	Total	DAP maximale	DAP moyenne
<i>Glossina palpalis gambiensis</i>						
Section ascendante	Mouhoun	312	77	8 151	92,0	$8,7 \pm 0,7$
	Affluents	1 344	10	1 088	33,3	$0,3 \pm 0,1$
Section descendante	Mouhoun	319	11,3	103	5,3	$0,1 \pm 0,0$
	Affluents	1 214	0,2	6	1,7	$0,002 \pm 0,0$
Total/moyenne		3 189		9 348		$2,3 \pm 1,2$
<i>Glossina tachinoides</i>						
Section ascendante	Mouhoun	312	43,0	2 128	43,3	$2,3 \pm 0,3$
	Affluents	1 344	6,4	455	19,3	$0,1 \pm 0,0$
Section descendante	Mouhoun	319	63,0	2 497	26,3	$2,6 \pm 0,3$
	Affluents	1 214	11,5	2 544	108,7	$0,7 \pm 0,2$
Total/moyenne		3 189		7 624		$1,4 \pm 0,2$
<i>Glossina palpalis gambiensis</i> et <i>G. tachinoides</i>						
Section ascendante	Mouhoun	312	81,4	10 279	120,0	$11,0 \pm 0,8$
	Affluents	1 344	14,7	1 543	36,0	$0,4 \pm 0,1$
Section descendante	Mouhoun	319	64,6	2 600	26,3	$2,7 \pm 0,3$
	Affluents	1 214	11,5	2 550	108,7	$0,7 \pm 0,2$
Total/moyenne		3 189		16 972		$3,7 \pm 0,3$

Tableau II
Taux d'infestation et densités apparentes des vecteurs mécaniques
au niveau de la rivière Mouhoun et de ses affluents au Burkina Faso

		Pièges		Vecteurs mécaniques		
		Total	% positif	Total	DAP maximale	DAP moyenne
Stomoxes						
Section ascendante	Mouhoun	312	17,3	141	3	$0,2 \pm 0,0$
	Affluents	1 344	7,1	317	14	$0,1 \pm 0,0$
Section descendante	Mouhoun	319	5,3	40	4	$0,04 \pm 0,01$
	Affluents	1 214	1,9	67	6	$0,02 \pm 0,0$
Total/moyenne		3 189	$7,9 \pm 6,6$	565		$0,1 \pm 0,1$
Tabanidés						
Section ascendante	Mouhoun	312	53,5	1 459	29	$1,6 \pm 0,2$
	Affluents	1 344	47,3	4 095	72	$1,02 \pm 0,1$
Section descendante	Mouhoun	319	49,2	919	34	$1,0 \pm 0,2$
	Affluents	1 214	34,2	1 475	24	$0,4 \pm 0,04$
Total/moyenne		3 189	$46,0 \pm 8,3$	7 948		$1,0 \pm 0,5$

stomoxe sur la section descendante. Comme chez les glossines, les vecteurs mécaniques ont été davantage présents sur le Mouhoun que sur ses affluents ($p = 0,035$ pour les Stomoxyinae et $p = 0,013$ pour les Tabanidae).

■ DISCUSSION

L'utilisation du SIG a permis un gain économique substantiel. Son intérêt en entomologie médicale et vétérinaire avait déjà été signalé par Laveissière et al. (2000). En effet, aidant à circonscrire la zone d'intervention et à rallier les sites présélectionnés pour la prospection, il a permis de réduire de moitié la durée impartie à l'activité de collecte de données entomologiques sur le terrain dans le plan d'action. L'utilisation des images satellites a aussi permis une bonne harmonisation et une bonne représentativité des sites prospectés dans la zone d'intervention. Bon outil de planification, le SIG a permis à la fin des enquêtes une bonne cartographie de la distribution des deux espèces de glossines, indispensable à la planification de la lutte.

Une durée de capture des glossines de 72 heures a été suffisante pour juger de l'absence totale ou temporaire des glossines au niveau du site de capture, mais il aurait été intéressant que l'activité soit reproduite à différentes saisons. Les enquêtes ont toutefois été réalisées à une période où les glossines étaient confinées dans leurs gîtes favorables le long des cours d'eau (saison sèche).

Au niveau des bassins des sections ascendante et descendante du Mouhoun, respectivement 81,3 et 78,8 % des sites prospectés étaient sur ses affluents. La présence de glossines sur le Mouhoun avait déjà été mentionnée par les précédentes études de Guerrini (2004) et Bouyer (2006). Le travail majeur de cette enquête devait donc être effectué sur les affluents pour obtenir une connaissance complète de la situation sur la zone d'intervention.

Malgré le nombre considérable de sites prospectés au niveau des affluents, une proportion relativement faible s'est révélée infestée de glossines alors que plus de 75 % des sites étaient infestés au niveau du cours d'eau principal. Ce faible nombre serait dû aux facteurs environnementaux (température, humidité, présence/absence d'hôtes nourriciers, végétation) qui rendraient ces sites peu favorables à la survie des glossines dans la plupart des affluents, notamment du fait qu'ils sont en majorité temporaires. Le tarissement de ces cours d'eau pendant les six mois de saison sèche, associé aux fortes températures, provoque certainement une grande mortalité des pupes enfouies dans le sol. De plus, les hôtes des espèces *Gpg* et *Gt* riveraines étant inféodés à l'eau, leur rareté pendant la saison sèche, du fait du manque d'eau, serait fatale aux glossines (Challier, 1973). Pour Laveissière et al. (2000), la conjonction d'un ou de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques, comme un climat inadéquat, une pluviosité trop faible, une végétation inappropriée, l'absence d'hôte nourricier, a des conséquences sur la distribution spatiale des tsé-tsé car les glossines du groupe *palpalis* (dont font partie *Gpg* et *Gt*) sont principalement confinées aux régions très humides : les marais à palétuviers, les forêts ombrophiles, les rives des lacs et les forêts galeries longeant les rivières (Pollock, 1982).

D'un point de vue épidémiologique, cette distribution des glossines engendre un risque trypanosomien plus élevé au niveau du Mouhoun (Bouyer, 2006) qui est utilisé pour la pêche, comme zone de pâture et d'abreuvement des animaux, ou pour des cultures maraichères. Ceci a été corroboré par Sow et al. (2013) qui ont trouvé que la prévalence des trypanosomoses animales était plus élevée chez les animaux des villages riverains du Mouhoun lors d'une étude intégrant 53 localités de la boucle du Mouhoun.

Seules deux espèces de glossines, *Gpg* et *Gt*, ont été identifiées dans la zone, comme rapporté par Guerrini (2004) et Bouyer (2006). *Glossina morsitans submorsitans* semble y avoir disparu du fait de l'accroissement démographique observé après les indépendances et de la forte anthropisation de la zone. Depuis lors, les principaux vecteurs de la trypanosomose animale sont donc ces deux espèces, plus résistantes aux changements d'origine anthropique (Van den Bossche et al., 2010). Au Burkina Faso, la boucle du Mouhoun est connue comme étant un foyer historique de la trypanosomiase humaine africaine (THA) et des trypanosomoses animales africaines. De nombreux villages localisés à proximité des cours d'eau ont autrefois disparu du fait de la THA associée parfois à l'onchocercose (Gouzien, 1908).

La limite nord de distribution des deux espèces de glossines capturées était située sur le Sourou, à 12° 45' N. Challier et Laveissière (1977) avaient établi la limite de distribution des glossines, pour le nord-ouest du Burkina, au niveau du 13° parallèle pour *Gpg* et à 13° 17' N pour *Gt*. Les lieux de captures les plus septentrionaux avaient été trouvés dans la région de Tougan. A l'ouest du sommet de la boucle de la Volta noire, actuel Mouhoun, la limite était à 12° 40' N. Par conséquent, on note une descente de la limite nord dans la zone d'étude d'une trentaine de kilomètres. Cette descente s'expliquerait par plusieurs facteurs. D'une part, l'aménagement de la vallée du Sourou en 1983 a favorisé une anthropisation importante de la zone où les actions médicales de l'équipe de Muraz a permis en 1939 la stérilisation des réservoirs humains de trypanosomes (Rouamba et al., 2009). D'autre part, il y a les changements climatiques actuels, faisant suite à la sécheresse des années 1970 (Laveissière, 1976), et la dégradation continue du couvert végétal qui ont pour corollaire la disparition des glossines.

Selon Courtin et al. (2009), la limite nord des glossines se situe actuellement en Afrique de l'Ouest, au niveau de Dakar et de Ouagadougou, soit une descente d'environ 200 kilomètres par rapport aux résultats des piégeages de Bouët-Roubaud au siècle dernier. Mais cette descente est moindre dans la boucle du Mouhoun. Cela s'expliquerait par la présence de la rivière et de son affluent, le Sourou, qui entretiennent des conditions de température, d'hygrométrie et d'ambiance favorables aux hôtes nécessaires à la survie des glossines. De plus, contrairement à *G. m. submorsitans* inféodée à la faune sauvage, *Gpg* et *Gt* sont des espèces opportunistes qui s'adaptent facilement aux fortes densités de populations humaines (Courtin et al., 2009).

Ce sont sans doute ces mêmes raisons qui expliquent qu'il n'y ait pas de différence significative entre, d'une part, les proportions de sites infestés et, d'autre part, les densités de glossines en fonction des isohyètes au niveau du cours principal. Ainsi, la DAP la plus importante de *Gt* (108,7) a été observée au niveau de la section descendante sur un affluent, entre les isohyètes 800 et 900 mm. Sur la section ascendante, c'est sur le cours principal et entre les isohyètes 700 et 800 mm que les DAP maximales (92 *Gpg* et 43,3 *Gt*) ont été notées. Ces résultats confirment l'hypothèse de Bouyer et al. (2005) selon laquelle aucune relation n'existe entre les densités apparentes de glossines sur le Mouhoun et la pluviométrie annuelle.

On a observé une distribution spatiale différente des deux espèces. Sur le Mouhoun, elles étaient présentes sur la section ascendante dans un rapport de 3,8 *Gpg* pour 1 *Gt* alors que ce rapport était en faveur de *Gt* sur la section descendante, avec 24,2 contre 1. Etant donné que l'abondance ou la rareté de la faune sauvage, déterminées par ses migrations saisonnières, n'ont aucune importance sur ces tsé-tsé comparé à la variation des conditions physiques de leurs habitats (Challier, 1973), cette distribution selon les sections s'expliquait par la spécificité de chacune d'elles pour un certain type

de végétation ripicole. Nos travaux confirment ainsi à nouveau la théorie de Morel (1978) selon laquelle *Gpg* préfère les galeries guinéennes fermées, *Gt* les galeries ouvertes soudaniennes, et que l'on retrouve les deux dans les galeries soudano-guinéennes (Bouyer et al., 2005). *Gt* préfère ainsi une végétation plus ouverte, principalement arbustive (Gruvel, 1975). Dans l'étude de l'influence de l'anthropisation sur la végétation locale et l'abondance des tsé-tsé au sud du Burkina Faso, Rayaissé et al. (2009) ont également noté que la galerie de type soudanien sur une portion de la Comoé était particulièrement favorable à *Gt* qui s'y trouvait en très fortes densités, et beaucoup moins à *Gpg* qui préférerait les galeries de type guinéen.

Les glossines ont été capturées selon un rapport de 3,9 pour 1 sur respectivement les sections ascendante et descendante du cours principal. Les moindres captures faites sur la section descendante pourraient être dues à l'inondation des pupes, déposées dans les berges des rivières. En effet, comparé à la section ascendante, le lit de cette section du Mouhoun est peu profond. Durant la saison pluvieuse, on assiste ainsi à un important débordement pendant plus de quatre mois. En conséquence, les pupes déjà déposées sont noyées.

Comme chez les glossines, il y avait plus de sites infestés par les vecteurs mécaniques de la trypanosomose animale sur le Mouhoun que sur ses affluents. Par ailleurs, plus de tabanidés que de stomoxes ont été capturés. Koné et al. (2011) ont également noté la prédominance des tabanidés, représentant 93,2 % des captures dans cette zone. De manière générale, les moyennes des DAP ont été faibles. Les captures auraient été plus importantes si les pièges Nzi, pièges de référence pour les tabanidés en Afrique, avaient été utilisés dans notre étude (Mihok, 2002 ; Acapovi et al., 2001 ; Desquesnes et al., 2005). Les plus fortes prévalences observées sur le cours principal étaient dues au fait qu'il offrait les conditions environnementales nécessaires à la vie de ces insectes.

La connaissance de la distribution spatiale des vecteurs cycliques et mécaniques est un atout considérable pour la lutte à grande échelle. Pour que cette lutte soit efficace et durable elle doit intégrer toute la zone infestée. Toutefois, plus d'attention devrait être accordée au Mouhoun qui accueille l'essentiel des glossines et qui est comparable à une autoroute pour les réinfestations, c'est-à-dire qu'il constitue un excellent corridor génétique (Bouyer et al., 2007). Un maximum de moyens devrait, d'autre part, être mis en place sur la section ascendante qui est la plus infestée en glossines. Malheureusement, ses berges sont parfois difficiles d'accès, ce qui peut constituer une entrave sérieuse à l'éradication.

■ CONCLUSION

L'utilisation d'un système d'information géographique comme moyen de planification a permis un gain substantiel de temps et une bonne harmonisation des sites prospectés. Ce système a, en outre, permis une cartographie de la distribution des deux espèces de glossines riveraines capturées, ce qui est un bon moyen d'orientation de la lutte. Les deux espèces se localisent majoritairement au niveau du Mouhoun qui offre des conditions optimales à leur survie. Dans le cadre d'une lutte, l'essentiel des actions devrait donc être mené au niveau de cette rivière. Malgré les changements climatiques (sécheresse accentuée) et la forte anthropisation, la descente du front nord de la limite de distribution des glossines n'est pas très importante dans la boucle du Mouhoun. Elle est d'environ 30 kilomètres par rapport à sa position en 1976.

Il y a une variation certaine de la distribution des glossines au niveau du Mouhoun. Au niveau de la section ascendante, *Gpg* et

Gt cohabitent mais avec une prédominance de la première sur la deuxième. Sur la section descendante, *Gpg* est presque absente. D'une manière générale, les glossines colonisent le cours du Mouhoun sur toute sa longueur. Cependant l'existence d'une barrière naturelle au nord de 12° 45' N offre des possibilités pour l'application d'une lutte à grande échelle contre les glossines à condition que des barrières soient mises en place au sud des zones assainies.

Ainsi, un système dit de tapis roulant pourrait être appliqué avec la construction de barrières au fur et à mesure de l'avancée de la lutte à partir du premier site infesté localisé sur le Sourou, en remontant la section ascendante, d'une part, et en descendant l'autre section, d'autre part. Mais le voisinage avec le Mali, le Ghana, le Bénin, le Togo et la Côte d'Ivoire nécessite une coordination régionale sans laquelle les résultats obtenus ne pourront être durables.

Remerciements

Nous remercions la FAO, le Cirades, l'UCLT, l'AIEA et la DLNE pour leurs appuis multiformes. Ils ont en outre permis l'acquisition de données de qualité sur la limite nord de distribution de *Glossina palpalis gambiensis* et de *G. tachinoides* ainsi que celle des images satellitaires pour la planification des activités. Nous exprimons notre gratitude à l'AIEA pour l'appui en matériel informatique et logistique et de cartographie. Nos remerciements vont également aux communautés rurales qui n'ont ménagé aucun effort pour nous accompagner dans toutes les localités, même les plus interdites (bois sacrés).

REFERENCES

- Acapovi G.L., Yao Y., N'Goran E., Dia M.L., Desquesnes M., 2001. Relative abundance of tabanids in the savanna regions of Côte d'Ivoire [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **54** (2): 109-114
- Bouyer J., 2006. Ecologie des glossines du Mouhoun au Burkina Faso : intérêt pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses africaines. Thèse Doct., Université Montpellier 2, Montpellier, France, 204 p.
- Bouyer J., Guerrini L., César J., de La Rocque S., Cuisance D., 2005. A phyto-sociological analysis of the distribution of riverine tsetse flies in Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.*, **19** (4): 372-378, doi: 10.1111/j.1365-2915.2005.00584.x
- Bouyer J., Ravel S., Dujardin J.-P., de Meeûs T., Vial L., Thévenon S., Guerrini L., Sidibé I., Solano P., 2007. Population structuring of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) According to landscape fragmentation in the Mouhoun River, Burkina Faso. *J. Med. Entomol.*, **44** (5): 788-795, doi: 10.1093/jmedent/44.5.788
- Bouyer J., Seck M.T., Sall B., Ndiaye E.Y., Guerrini L., Vreysen M.J.B., 2010. Stratified entomological sampling in preparation of an area-wide integrated pest management program: The example of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) in the Niayes of Senegal. *J. Med. Entomol.*, **47** (4): 543-552, doi: 10.1093/jmedent/47.4.543
- Budd L.T., 1999. DFID-funded tsetse and trypanosomiasis research since 1980. Vol. 2: Economic analysis. Natural Resources International, Aylesford, UK, 123 p.
- Challier A., 1973. Ecologie de *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949 (Diptera - Muscidae) en savane d'Afrique occidentale. Orstom, Paris, France, 290 p. (Mém. Orstom n° 64)
- Challier A., Laveissière C., 1973. Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina* : Diptera, Muscidae) : description et essais sur le terrain. *Cah. Orstom, Sér. Entomol. Méd. Parasitol.*, **11** (4) : 251-262
- Challier A., Laveissière C., 1977. La répartition des glossines en Haute-Volta : carte à 1/2 000 000. Notice explicative n° 69. Orstom, Paris, France, 34 p.

- Courtin F., Sidibé I., Rouamba J., Jamonneau V., Gouro A., Solano P., 2009. Population growth and global warming: impacts on tsetse and trypanosomes in West Africa [in French]. *Parasite*, **16** (1): 3-10, doi: 10.1051/parasite/2009161003
- Dao B., Hendrickx G., Sidibé I., Belem A.M.G., de La Rocque S., 2008. Impact of drought and degradation of protected areas on the distribution of bovine trypanosomes and their vectors in the Oti catchment basin of Northern Togo [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **61** (3-4): 153-160
- Desquesnes M., Dia M.L., Acapovi G., Yoni W., 2005. Les vecteurs mécaniques des trypanosomes animaux. Généralités, morphologie, biologie impacts et contrôle. Identification des espèces les plus abondantes en Afrique de l'Ouest. Cirdes, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 70 p.
- Gillespie A.R., Kahle A.B., Walker R.E., 1987. Color enhancement of highly correlated images. II. Channel ratio and "chromaticity" transformation techniques. *Remote Sens. Environ.*, **22** (3): 343-365, doi: 10.1016/0034-4257(87)90088-5
- Girard M.-C., Girard C.M., 1999. Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, France, 529 p.
- Guerrini L., 2004. Discrimination des paysages du Mouhoun et distribution des glossines riveraines. Mémoire DEA, Université d'Avignon, France, 39 p.
- Gouteux J.-P., Challier A., Laveissière C., 1981. Modifications et essais du piège à glossines (Diptera, Glossinidae) Challier-Laveissière. *Cah. Orstom, Sér. Entomol. Méd. Parasitol.*, **19** (2): 87-99
- Gouzien P., 1908. La maladie du sommeil dans le Haut-Sénégal et Niger. Document technique n° 490. OCCGE, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 25 p.
- Gravel J., 1975. General data on the ecology of *Glossina tachinoides* Westwood 1850 in the Kalamaloué reserve, lower Chari River valley [In French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **28** (1): 27-40
- Hendrickx G., de La Rocque S., Mattioli R.C., 2004. Long-term tsetse and trypanosomiasis management options in West Africa. FAO, Rome, Italy, 57 p.
- Koné N., N'Goran E.K., Sidibé I., Kombassere A.W., Bouyer J., 2011. Spatio-temporal distribution of tsetse and other biting flies in the Mouhoun River basin, Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.*, **25** (2): 156-168, doi: 10.1111/j.1365-2915.2010.00938.x
- Laveissière C., 1976. Répartition des glossines en Haute-Volta : effets de la grande sécheresse de 1972-1973. *Cah. Orstom, Sér. Entomol. Méd. Parasitol.*, **14** (4): 293-299
- Laveissière C., Grébaud P., Herder S., Penchenier L., 2000. Les glossines vectrices de la trypanosomiase humaine africaine. IRD, Océac, Yanouédé, Cameroun, 246 p.
- Leak S.G.A., Ejigu D., Vreysen M.J.B., 2008. Collection of entomological baseline data for tsetse area-wide integrated pest management programmes. FAO, Rome, Italy, 207 p.
- Liu J.G., 2000. Smoothing filter-based intensity modulation: a spectral preserve image fusion technique for improving spatial details. *Int. J. Remote Sens.*, **21** (18): 3461-3472, doi: 10.1080/014311600750037499
- Liu J.G., Moore J.McM., 1998. Pixel block intensity modulation: adding spatial detail to TM band 6 thermal imagery. *Int. J. Remote Sens.*, **19** (13): 2477-2491, doi: 10.1080/014311698214578
- Mihok S., 2002. The development of a multipurpose trap (the Nzi) for tsetse and other biting flies. *Bull. Entomol. Res.*, **92** (5): 385-403, doi: 10.1079/BER2002186
- Morel P.C., 1978. Les arbres et arbustes des savanes ouest-africaines (document pour l'étude de l'écologie des glossines), vol. 1. GTZ, Eschborn, Allemagne, 75 p.
- Organisation de l'Unité africaine, 2000. Plan d'action continental pour l'éradication de la mouche tsé-tsé et de la trypanosomiase. OUA, Addis-Abbeba, Ethiopie, 30 p.
- PATTEC, 2006. Plan d'action détaillé pour la collecte des données entomologiques de base dans le bassin du Mouhoun. PATTEC, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 67 p.
- Pollock J.N., 1982. Manuel de lutte contre la mouche tsé-tsé. Vol. 1 : Biologie, systématique et répartition des tsé-tsé. FAO, Rome, Italie, 310 p.
- Rayaissé J.-B., Courtin F., Akoundjin M., César J., Solano P., 2009. Influence of anthropisation on local vegetation and tsetse abundance in southern Burkina Faso [in French]. *Parasite*, **16** (1): 21-28, doi: 10.1051/parasite/2009161021
- Rayaissé J.-B., Tirados I., Kaba D., Dewhurst S.Y., Logan J.G., Diarrassouba A., Salou E., Omolo M.O., Solano P., Lehane M.J., Pickett J.A., Vale G.A., Torr S.J., Esterhuizen J., 2010. Prospects for the development of odour baits to control the tsetse flies *Glossina tachinoides* and *G. palpalis* s.l. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **4** (3): e632, doi: 10.1371/journal.pntd.0000632
- Rouamba J., Jamonneau V., Sidibé I., Solano P., Courtin F., 2009. Impact of the dynamics of human settlement on tsetse and trypanosomiasis distribution in the Mouhoun River basin (Burkina Faso) [in French]. *Parasite*, **16** (1): 11-19, doi: 10.1051/parasite/2009161011
- Sow A., Ganaba R., Percoma L., Sidibé I., Bengaly Z., Adam Y., Koné P., Sawadogo G.J., Van Den Abbeele J., Marcotty T., Delespau V., 2013. Baseline survey of animal trypanosomiasis in the region of the Boucle du Mouhoun, Burkina Faso. *Res. Vet. Sci.*, **94** (3): 573-578, doi: 10.1016/j.rvsc.2012.12.011
- Van den Bossche P., de La Rocque S., Hendrickx G., Bouyer J., 2010. A changing environment and the epidemiology of tsetse-transmitted livestock trypanosomiasis. *Trends Parasitol.*, **26** (5): 236-243, doi: 10.1016/j.pt.2010.02.010
- Vreysen M.J.B., Robinson A.S., Hendrichs J., 2007. Area-wide control of insect pests: from research to field implementation. Springer, Dordrecht, Netherlands, 789 p.
- Vreysen M.J.B., Saleh K.M., Ali M.Y., Abdulla A.M., Zhu Z.-R., Juma K.G., Dyck A., Msangi A.R., Mkonyi P.A., Feldmann H.U., 2000. *Glossina austeni* (Diptera: Glossinidae) eradicated on the island of Unguja, Zanzibar, using the sterile insect technique. *J. Econ. Entomol.*, **93** (1): 123-135, doi: 10.1603/0022-0493-93.1.123
- Vreysen M.J.B., Saleh K.M., Lancelot R., Bouyer J., 2011. Factory tsetse flies must behave like wild flies: A prerequisite for the sterile insect technique. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **5** (2): e907, doi: 10.1371/journal.pntd.0000907

Summary

Percoma L., Koudougou Z., Serdebeogo O., Tamboura I., Ouedraogo M., Bouyer J., Belem A.M.G., Sidibé I. Preparatory entomological surveys for full-scale tsetse-fly control, assisted with a geographic information system: PATTEC case in Burkina Faso

A geographic information system is a helpful tool for the definition of a control plan against tsetse. Its practical application in entomological data collection for the planning and future evaluation of tsetse control was carried out in Western Burkina Faso from December 2007 to November 2008. The sampling area was selected according to the main rivers basins and the limits of *Glossina palpalis gambiensis* and *G. tachinoides* distributions. The study area was gridded in 100-kilometer-square cells. In each cell a maximum of 13 potential trapping sites were selected, then spotted in the field by using a global positioning system. The entomological survey was carried out with biconical Challier-Laveissière traps collected 72 hours after their installation. The data analysis was performed with binomial mixed random and Poisson distribution models. Mapping was carried out with Arc GIS 9.3 to help to determine the Northern limit (12° 45' N) of tsetse distribution in the target area. The proportions of infested sites were 89.6 and 76.4% on the ascending and descending sections of Mouhoun River, respectively (the first flows northeastward from the spring, and the second southeastward, then southward from the confluence with Sourou River), and 16.7 and 10.3% on their tributaries, respectively. Between isohyets 700–800 and 800–900 m no significant differences were observed in tsetse apparent density per trap or in the infested sites. Both trapped species were however distributed unevenly depending on the sections of Mouhoun River. On the ascending branch *G. p. gambiensis* represented 79.5% of tsetse catches, and on the descending branch *G. tachinoides* represented 96.0% of them. Catches of mechanical vectors were relatively few. Their distributions were similar to that of tsetse but with higher densities on some tributaries.

Keywords: *Glossina*, pest control, geographic information system, cartography, entomology, Burkina Faso

Resumen

Percoma L., Koudougou Z., Serdebeogo O., Tamboura I., Ouedraogo M., Bouyer J., Belem A.M.G., Sidibé I. Encuestas entomológicas preparatorias para el control a larga escala de la mosca tse-tsé, con ayuda de un sistema de información geográfica: caso PATTEC en Burkina Faso

Un sistema de información geográfica es un instrumento útil para la definición de un plan de control contra la tse-tsé. Se llevó a cabo su aplicación práctica para la recolecta de datos entomológicos para el planeamiento y la evaluación futura del control de tse-tsé en Burkina Faso del Oeste, entre diciembre 2007 y noviembre 2008. La zona de muestreo se seleccionó de acuerdo a los principales lechos fluviales y a los límites de distribución de *Glossina palpalis gambiensis* y *G. tachinoides*. El área de estudio se cuadrilló en celdas de 100 kilómetros cuadrados. En cada celda se seleccionaron un máximo de 13 potenciales sitios de trampas, encontrados en el campo mediante el uso de un sistema de posicionamiento global. La encuesta entomológica se llevó a cabo con trampas bicónicas de Challier-Laveissière, recolectadas 72 horas después de la instalación. El análisis de datos se realizó mediante el modelo al azar mixto binomial y de distribución de Poisson. El mapeo se llevó a cabo con Arc GIS 9.3 con el fin de ayudar a determinar el límite norte (12° 45' N) de la distribución de la tse-tsé en el área de enfoque. Las proporciones de los sitios infestados fue de 89,6 y 76,4% en las ramas ascendente y descendente del río Mouhoun respectivamente (las primeras corrientes orientadas noreste desde la naciente y la segunda sudeste, luego hacia el sur del confluente con el río Sourou), y 16,7 y 10,3% de sus afluentes respectivamente. Entre isohietas 700–800 y 800–900 m, no se observaron diferencias significativas en la densidad aparente de la mosca tse-tsé, ni por trampa ni en los sitios infestados. Sin embargo, las dos especies atrapadas fueron distribuidas de forma desigual en función de las ramas del río Mouhoun. En la rama ascendente, *G. p. gambiensis* representó el 79,5 % de las capturas de la mosca tse-tsé, y en la rama descendente *G. tachinoides* representó el 96,0 % de ellos. Las capturas de vectores mecánicos fueron relativamente pocas. Sus distribuciones fueron similares a la de la mosca tse-tsé, pero con densidades más altas en algunos afluentes.

Palabras clave: *Glossina*, control de plagas, sistema de información geográfica, cartografía, entomología, Burkina Faso

Etat des lieux des résistances de la tique du bétail *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) à la deltaméthrine, l'amitraz et la moxidectine en Nouvelle-Calédonie : quelles perspectives de lutte ?

Thomas Hüe^{1*} Julie Petermann¹ Jean-Claude Hurlin^{1 †}
Huguette Gaia¹ Laura Cauquil¹

Mots-clés

Rhipicephalus microplus, résistance aux acaricides, amitraz, deltaméthrine, milbémycine, lutte intégrée, Nouvelle-Calédonie

Accepted: 11 January 2016;
Published: 9 May 2016

Résumé

La tique du bétail, *Rhipicephalus microplus*, présente sur le territoire calédonien depuis 1942, a un impact important sur la santé des animaux et la rentabilité des élevages. La lutte contre ce parasite, qui reposait jusqu'à présent sur l'utilisation de produits acaricides, a conduit au développement de résistances aux molécules successivement mises sur le marché. Afin de faire un état des lieux des résistances aux derniers produits utilisés, une enquête basée sur la réalisation de tests vis-à-vis de la deltaméthrine, de l'amitraz et de la moxidectine a été mise en place entre octobre 2013 et septembre 2014. Ses objectifs ont été de faire un point sur l'efficacité de l'amitraz, utilisé depuis 18 ans en Nouvelle-Calédonie, d'évaluer la possibilité de réutiliser la deltaméthrine 10 ans après l'arrêt de sa distribution, et de surveiller l'apparition d'éventuelles résistances aux lactones macrocycliques dont l'usage est actuellement restreint. Selon les critères de résistance retenus, la prévalence de la résistance, ou d'un statut intermédiaire, à la deltaméthrine et à l'amitraz ont été respectivement de 25,8 et 23,0 %. Il n'a pas été mis en évidence de résistance à la moxidectine. Dans le cadre du développement progressif des résistances à l'amitraz, la gestion de la lutte contre la tique a été transférée en 2010 au Groupement de défense sanitaire dont une des missions est de mettre en place des programmes de lutte intégrée contre ce parasite. Cet article présente ainsi, en partant des résultats observés, les possibilités d'évolution de la gestion de la lutte contre les tiques en Nouvelle-Calédonie, lutte qui doit aujourd'hui passer d'un usage exclusif et régulier des acaricides chimiques au développement d'un ensemble de mesures complémentaires dans le cadre d'une lutte intégrée, pilotée par les professionnels.

■ Comment citer cet article : Hüe T., Petermann J., Hurlin J.-C., Gaia H., Cauquil L., 2015. Resistance of cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) to deltamethrin, amitraz and moxidectin in New Caledonia: Review of the situation and perspectives for tick control [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 68 (4): 167-174

■ INTRODUCTION

La tique *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) est un parasite du bétail largement répandu dans la ceinture intertropicale (Barré et Uilenberg, 2010). Cette tique monoxène représente le principal problème sanitaire en Nouvelle-Calédonie dont les conditions climatiques tropicales favorisent le développement du parasite tout au long de l'année. *R. microplus* a été introduite sur le territoire en 1942. Les éleveurs ont depuis lors eu recours aux acaricides chimiques pour essayer de contrôler l'infestation de leur cheptel. Il s'en est suivi une course permanente entre l'apparition de résistances consécutives à l'utilisation prolongée d'un produit et la mise sur le marché de nouvelles familles de molécules. Les dérivés arsenicaux, le DDT, les organophosphorés, plus récemment

1. Laboratoire de parasitologie animale, Institut agronomique néo-calédonien, BP 73, 98890 Païta, Nouvelle-Calédonie.

† Décédé

* Auteur pour la correspondance
Tél. : +687 43 74 25 ; email : hue@iac.nc



les pyréthrianoïdes de synthèse (deltaméthrine) et les formamidines (amitrazé) ont été successivement utilisés. Enfin, de manière beaucoup plus anecdotique, les lactones macrocycliques (ivermectine, abamectine, moxidectine) sont utilisées depuis quelques années dans une partie des élevages.

Dans le contexte local de développement des résistances à ces produits et face à l'absence de perspectives de mise sur le marché prochaine de nouvelles familles de molécules, il était important de réaliser un état des lieux de l'efficacité des acaricides dernièrement utilisés et d'évaluer l'évolution des résistances vis-à-vis de la deltaméthrine et de l'amitrazé depuis les dernières études effectuées en 1995 (Beugnet et Chardonnet, 1995) et en 2003 (Ducornez et al., 2005). Les résultats obtenus doivent permettre de proposer une stratégie de lutte raisonnée en fonction des produits toujours efficaces, et d'adapter les politiques d'accompagnement des éleveurs, voire de la filière, compte tenu des moyens de lutte encore disponibles.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de l'élevage bovin néo-calédonien

L'élevage bovin en Nouvelle-Calédonie est essentiellement destiné à la production de viande. Le cheptel était composé en 2012 d'environ 85 000 bovins, répartis dans les 850 élevages inscrits au registre agricole. Les élevages sont surtout présents sur la côte ouest du territoire, la région Centre-Ouest en concentrant à elle seule 55 % (figure 1). La côte est n'héberge quant à elle que 3 % des élevages. Les conditions d'élevage extensif et les effectifs importants – 19,7 % des éleveurs ont plus de 100 têtes – conduisent les éleveurs à recourir à des traitements collectifs contre les tiques, par bain ou par aspersion (usage de piscines ou de couloirs de traitement).

R. microplus a été introduite en Nouvelle-Calédonie depuis l'Australie par l'importation d'animaux vivants et de foin. La Nouvelle-Calédonie était une importante base militaire américaine pendant la guerre du Pacifique. Les importations d'animaux, que ce soit pour l'approvisionnement en viande ou pour le travail, étaient gérées par les Américains. L'introduction des tiques a ainsi été considérée comme un dommage de guerre et le gouvernement américain a pendant plusieurs années pris en charge financièrement l'achat des acaricides distribués aux éleveurs (Verges, 1944). Le gouvernement local a ensuite pris le relais et, jusqu'à ce jour,

la gestion des acaricides a toujours été décidée au niveau territorial, l'achat des produits étant assumé par les pouvoirs publics. Le choix du ou des produit(s) commandé(s) chaque année dépendait alors de son (leur) efficacité. Ainsi, depuis 2004, l'amitrazé est l'acaricide utilisé quasi exclusivement dans tous les élevages bovins du territoire pour lutter contre les tiques.

Collecte des tiques

Les tiques ont été collectées dans l'unique abattoir de Nouvelle-Calédonie qui centralise l'abattage des animaux de l'ensemble du territoire. La sélection des exploitations enquêtées s'est faite de manière totalement aléatoire et selon le programme d'abattage de l'établissement, sans intervention des auteurs, à raison d'une journée de collecte tous les 15 jours. Les tiques étaient prélevées sur la chaîne d'abattage, directement sur le cuir lors de la dépouille des carcasses. Tous les animaux présentant des parasites ont été prélevés. Des femelles gorgées ont été collectées sur des bovins provenant de 95 fermes différentes, entre octobre 2013 et septembre 2014, la personne en charge des prélèvements ayant pour consigne de collecter un maximum de tiques sur l'ensemble des animaux infestés. Seuls 74 élevages pour lesquels plus de 10 tiques avaient pu être prélevées ont été inclus dans l'étude, ce qui représentait 8,7 % des élevages de Nouvelle-Calédonie. Les femelles récoltées étaient transportées dans la journée au laboratoire de parasitologie de l'Institut agronomique néo-calédonien (IAC) et mises en élevage en conditions contrôlées à 27 °C et 85 % d'humidité relative. Après ponte et incubation des œufs, les larves âgées de deux à trois semaines ont été utilisées pour les tests. Etant donné la méthode de collecte des tiques, aucune information concernant l'historique des traitements dans les élevages examinés n'a pu être enregistrée.

Réalisation des tests

Le nombre de tests réalisés pour chaque élevage a été fonction de la quantité de larves disponibles. Par ordre de priorité a d'abord été évaluée la résistance à l'amitrazé (74 tests réalisés), puis celle à la deltaméthrine (62 tests) et enfin celle à la moxidectine (58 tests).

Différents tests existent pour évaluer la résistance des tiques, dont le Larval Packet Test (LPT), le LPT modifié et le Larval Immersion Test (LIT). Le choix du test retenu pour un acaricide donné était fondé sur des études préalables de comparaison de méthodes permettant d'évaluer la résistance à une molécule donnée (Stone et Haydock, 1962 ; Sabatini et al., 2001 ; Miller et al., 2002).

Le test réalisé pour évaluer la résistance à la deltaméthrine fut le LPT et l'acaricide utilisé le Delete X5 (MSD Animal Health). Le LPT modifié a été utilisé pour évaluer la résistance des souches de tiques à l'amitrazé en se servant du Tactic 12,5 % (MSD). Enfin, le test retenu pour évaluer la résistance aux lactones macrocycliques a été le LIT, mis en œuvre en utilisant la Cydectine injectable à 1 % (Zoetis). Différentes lactones étant utilisées dans les élevages, le choix de la moxidectine pour évaluer la résistance s'est imposé car la Cydectine était le produit de cette famille le plus utilisé sur le territoire.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel Polo-Plus (Leora Software, 1987). La régression linéaire représentant la relation entre le pourcentage de mortalité des larves et la dose d'acaricide ayant occasionné cette mortalité aide à calculer les doses permettant de tuer 50 ou 99 % de la population larvaire, respectivement nommées DL50 et DL99, pour chaque acaricide. Le logiciel calcule également le ratio de résistance (RR) correspondant au ratio entre les DL50 ou DL99 de chaque souche étudiée et ces mêmes valeurs pour une souche sensible de référence.

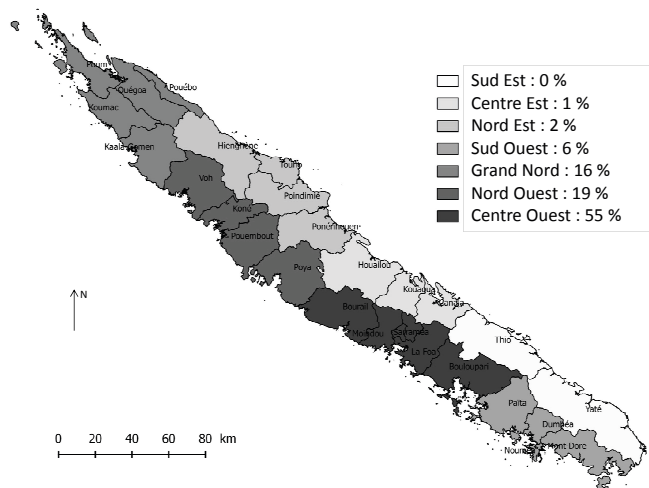


Figure 1 : répartition géographique des élevages bovins recensés dans les diverses régions de la Nouvelle-Calédonie.

■ RESULTATS

Les doses moyennes – avec les intervalles de confiance –, minimales et maximales des DL50 et DL99 de l'ensemble des souches testées sont présentées dans le tableau I pour les différents acaricides. Les distributions des DL99 pour l'amitrazé et des DL50 pour la deltaméthrine et la moxidectine sont présentées respectivement dans les figures 2, 3 et 4.

Les critères retenus pour définir les seuils de résistance ont varié selon les acaricides. Pour la deltaméthrine, conformément aux

Tableau I

Doses moyennes, minimales et maximales des DL50 ou des DL99 des souches testées vis-à-vis de trois acaricides (Nouvelle-Calédonie)

	DL50 (g/L)	DL99 (g/L)
Deltaméthrine (62 souches)		
Moy. [IC]	0,46 [0,36–0,57]	4,89 [3,05–7,28]
Min.	0,079	0,25
Max.	2,50	54,29
Amitrazé (74 souches)		
Moy. [IC]	0,16 [0,15–0,18]	1,00 [0,64–1,49]
Min.	0,04	0,14
Max.	0,59	14,06
Moxidectine (58 souches)		
Moy. [IC]	2,07 10 ⁻³ [1,98 10 ⁻³ –2,16 10 ⁻³]	3,25 10 ⁻³ [3,08 10 ⁻³ –3,43 10 ⁻³]
Min.	1,3 10 ⁻³	2,0 10 ⁻³
Max.	2,8 10 ⁻³	5,5 10 ⁻³

DL50 et DL99 : doses permettant de tuer 50 ou 99 % de la population larvaire
IC : intervalle de confiance

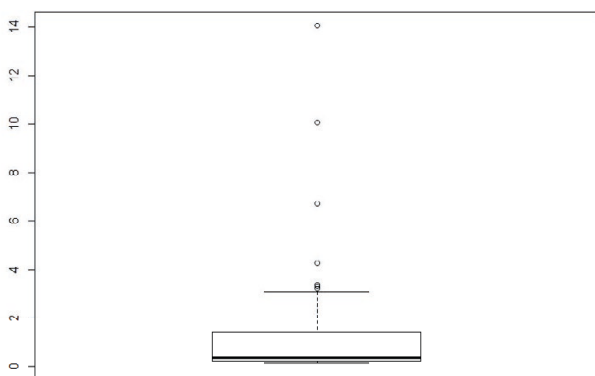


Figure 2 : diagramme en boîte représentant la distribution des doses testées en Nouvelle-Calédonie permettant de tuer 99 % (DL99) de la population larvaire, obtenues lors des tests de résistance à l'amitrazé des souches de *Rhipicephalus microplus* (n = 74). Les limites basse et haute du rectangle représentent les premier et dernier quartiles (Q1 et Q3). La ligne en gras dans le rectangle indique la médiane. Les barres horizontales à l'extérieur de la boîte définissent les limites inférieures et supérieures des valeurs comprises entre les quartiles Q1 et Q3, et 1,5 fois la différence interquartiles [Q1 – 1,5 * (Q3 – Q1) et Q3 + 1,5*(Q3 – Q1)]. Les valeurs en dehors de ces limites sont symbolisées par des cercles.

recommandations officielles de la FAO (1984), la DL50 de chaque souche a été comparée avec celle d'une souche de référence locale sensible, la souche Tiquotine, dont la DL50 est de 0,165 g/L (0,141–0,187 g/L). Si le RR50 est inférieur à 3, la souche est considérée comme sensible, s'il est compris entre 3 et 5, la souche est considérée comme intermédiaire, s'il est supérieur à 5, elle est considérée comme résistante. La souche Tiquotine a été déterminée comme souche de référence pour les tests de sensibilité à la deltaméthrine depuis 2003 (Chevillon et al., 2007). Elle n'est pas entretenue au laboratoire mais sa DL50 sert toujours pour le calcul des RR.

Pour l'amitrazé, il n'existe pas de recommandation officielle sur les paramètres à prendre en compte afin d'évaluer la résistance d'une population de tiques. Dans cette étude, la valeur de la DL99 a été retenue pour mesurer la résistance, comme c'est le cas depuis une dizaine d'années sur le territoire (Barré, 2006). Si la DL99 de

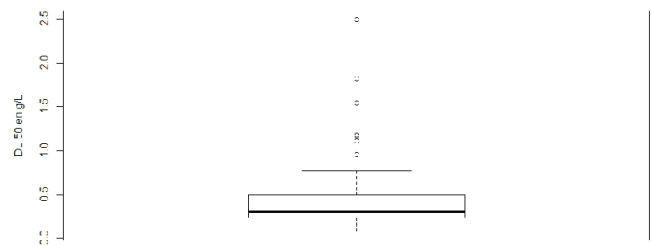


Figure 3 : diagramme en boîte représentant la distribution des doses testées en Nouvelle-Calédonie permettant de tuer 50 % (DL50) de la population larvaire, obtenues lors des tests de résistance à la deltaméthrine des souches de *Rhipicephalus microplus* (n = 62). Les limites basse et haute du rectangle représentent les premier et dernier quartiles (Q1 et Q3). La ligne en gras dans le rectangle indique la médiane. Les barres horizontales à l'extérieur de la boîte définissent les limites inférieures et supérieures des valeurs comprises entre les quartiles Q1 et Q3, et 1,5 fois la différence interquartiles [Q1 – 1,5 * (Q3 – Q1) et Q3 + 1,5*(Q3 – Q1)]. Les valeurs en dehors de ces limites sont symbolisées par des cercles.

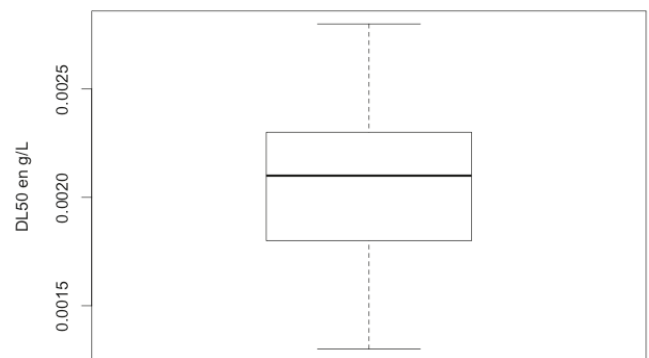


Figure 4 : diagramme en boîte représentant la distribution des doses testées en Nouvelle-Calédonie permettant de tuer 50 % (DL50) de la population larvaire, obtenues lors des tests de résistance à la moxidectine des souches de *Rhipicephalus microplus* (n = 58). Les limites basse et haute du rectangle représentent les premier et dernier quartiles (Q1 et Q3). La ligne en gras dans le rectangle indique la médiane. Les barres horizontales à l'extérieur de la boîte définissent les limites inférieures et supérieures des valeurs comprises entre les quartiles Q1 et Q3, et 1,5 fois la différence interquartiles [Q1 – 1,5 * (Q3 – Q1) et Q3 + 1,5*(Q3 – Q1)]. Les valeurs en dehors de ces limites sont symbolisées par des cercles.

la souche étudiée est inférieure à 1 g/L, la souche est considérée comme sensible, si elle est comprise entre 1 et 2 g/L, elle est dite intermédiaire, et si elle est supérieure à 2 g/L, la souche est considérée comme résistante.

Enfin, concernant les lactones macrocycliques, la DL50 de chaque souche a été comparée avec la DL50 d'une souche locale de référence, la souche Boufeneche. Cette souche a été définie comme souche de référence lors de notre enquête car il s'agit de la souche ayant à la fois la plus faible DL50 et une distribution des doses létales correspondant au modèle de régression utilisé par le logiciel PoloPlus pour calculer les DL ($\chi^2 = 10,337$; 18 ddl). Sa DL50 est de 0,0013 g/L (0,0013–0,0013 g/L). Il n'existe pas de recommandation officielle pour l'interprétation des résultats. Dans cette étude, comme pour la deltaméthrine, si le RR50 est inférieur à 3, la souche est considérée comme sensible, s'il est compris entre 3 et 5, la souche est considérée comme intermédiaire, et si le RR est supérieur à 5, la souche est considérée comme résistante.

Le tableau II présente la répartition, par acaricide et selon les classes définies par les critères ci-dessus, des différentes souches testées. Suivant ces critères, 74,2 % des souches examinées (46 sur 62) ont été considérées comme sensibles vis-à-vis de la deltaméthrine, tandis que sur 74 souches testées, 57 (77,0 %) ont été considérées comme sensibles à l'amitraze. Le RR entre la souche présentant la DL50 la plus importante et la souche de référence pour la moxidectine a été de 2,1, ce qui indiquait une grande homogénéité dans le niveau de sensibilité. Toutes les souches testées ont été classées comme sensibles à cette molécule.

Il a été possible de réaliser les tests de résistance à la fois à la deltaméthrine et à l'amitraze pour 54 souches de tiques (tableau III). Cinquante-sept pour cent de ces souches ont été trouvées sensibles vis-à-vis de la deltaméthrine et de l'amitraze, alors que seule une souche a présenté une résistance avérée envers les deux acaricides.

Tableau II

Répartition des souches testées par niveau de résistance et par acaricide (Nouvelle-Calédonie)

	Deltaméthrine	Amitraze	Moxidectine
Nb. de tests	62	74	58
Sensibles	46	57	58
Intermédiaires	9	8	0
Résistantes	7	9	0

Tableau III

Répartition des souches testées pour lesquelles ont été effectués les tests de résistance à la deltaméthrine et à l'amitraze (Nouvelle-Calédonie)

		Statut vis-à-vis de la deltaméthrine		
		Sensible	Intermédiaire	Résistante
Statut vis-à-vis de l'amitraze	Sensible	31	6	5
	Intermédiaire	3	1	1
	Résistante	5	1	1

La répartition géographique des élevages enquêtés et les résultats obtenus dans le cadre des tests de résistance à la deltaméthrine sont présentés sur la figure 5, et pour les tests de résistance à l'amitraze sur la figure 6. L'ensemble des souches testées étant sensible à la moxidectine, leur répartition géographique ne présente pas d'intérêt. La majorité des souches de statut intermédiaire ou résistant a été observée dans la partie centrale de la côte ouest.

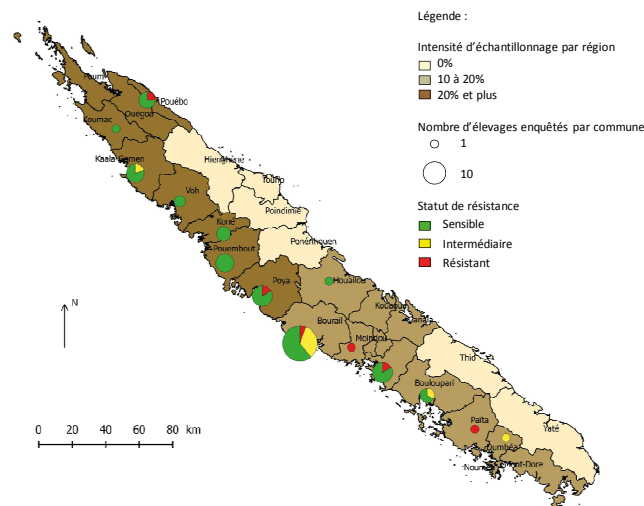


Figure 5 : répartition des élevages étudiés en Nouvelle-Calédonie selon le statut de résistance de la tique Rhipicephalus microplus vis-à-vis de la deltaméthrine.

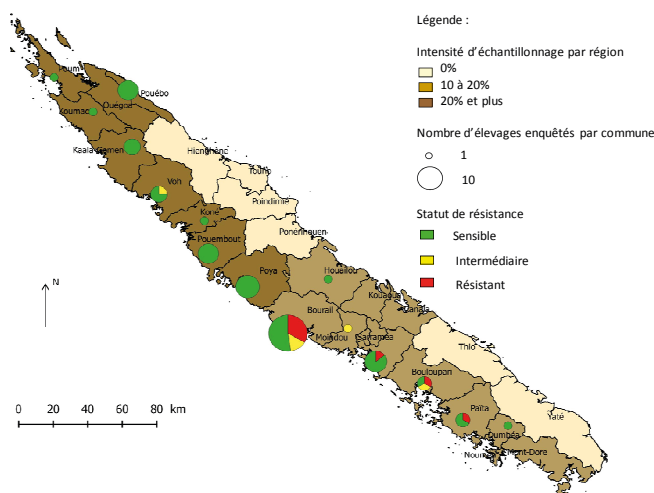


Figure 6 : répartition des élevages étudiés en Nouvelle-Calédonie selon le statut de résistance de la tique Rhipicephalus microplus vis-à-vis de l'amitraze.

DISCUSSION

Les résultats obtenus indiquent qu'un peu plus de 10 % des souches testées étaient résistantes soit à la deltaméthrine, soit à l'amitraze, et qu'un quart environ étaient résistantes ou intermédiaires vis-à-vis d'au moins un des deux acaricides. Aucune résistance à la moxidectine n'a été révélée par cette étude. La prévalence des résistances a été plus élevée dans les élevages de la côte ouest, dans les régions Centre et Sud. Cette répartition est concordante avec celle observée lors d'une étude menée en 1998 qui ne concernait que la deltaméthrine (Bianchi et al., 2003).

Cette enquête montre que la localisation géographique de l'élevage apparaît comme l'un des principaux facteurs associés à la résistance. Différentes hypothèses ont été avancées pour expliquer ce phénomène, comme la diffusion en grappe de la résistance une fois qu'elle apparaît dans un élevage ou la densité d'élevage dans une zone, des exploitations isolées, telles qu'on en observe sur la côte est, ayant moins de risque d'être touchées par la diffusion de souches de tiques résistantes.

Cette même étude souligne également que l'apparition de la résistance à la deltaméthrine est significativement corrélée à la fréquence des traitements acaricides. Cette observation, déjà relayée par d'autres travaux (Kunz et Kemp, 1994 ; Jonsson et al., 2000), a d'ailleurs entraîné un changement de stratégie dans la gestion de la lutte contre la tique à cette période. Alors que le message adressé aux éleveurs depuis l'introduction de *R. microplus* était de traiter les animaux tous les mois, les recommandations ont évolué au début des années 2000 : il leur a alors été demandé de ne réaliser des bains que lorsque des tiques étaient observées et de ne plus avoir recours à des traitements mensuels systématiques. Ce changement vers plus de modération dans l'emploi des acaricides est intervenu au moment de l'introduction de l'amitrazé dans les élevages, et son utilisation a ainsi été moins soutenue que celle de la deltaméthrine.

Les phénomènes de résistance des tiques vis-à-vis des acaricides ont été largement décrits depuis de nombreuses années à travers le monde. En ce qui concerne les produits étudiés dans cette enquête, les premières résistances de *R. microplus* à la deltaméthrine ont été observées à la fin des années 1980, soit une dizaine d'années après le début de son utilisation dans la lutte contre la tique (Nolan et al., 1989). L'amitrazé a commencé à être utilisé au milieu des années 1970. La résistance à cet acaricide est apparue, dans différentes parties du monde, quatre à dix ans après sa première utilisation et a été identifiée pour la première fois au début des années 1980 en Australie. Depuis lors, elle a également été observée en Amérique centrale, en Amérique du Sud et en Afrique du Sud (Lovis, 2012). Les lactones macrocycliques ont commencé à être utilisées comme antiparasitaire au début des années 1980 (Geary, 2005). Les premières résistances vis-à-vis de cette famille ont été initialement signalées au Brésil en 2001 (Martins et Furlong, 2001), puis plus récemment au Mexique (Perez-Cogollo et al., 2010a ; Perez-Cogollo et al., 2010b), mais elles n'ont à ce jour été décrites que dans ces deux pays (Abbas et al., 2014).

Le test de résistances vis-à-vis de la deltaméthrine a été mis en place en routine en Nouvelle-Calédonie dès 1993, celui pour l'amitrazé en 2003 et celui pour la moxidectine en 2013. Ces tests sont réalisés soit dans le cadre d'enquêtes, soit à la demande d'éleveurs ou de vétérinaires lorsqu'une défaillance d'un traitement acaricide est observée. La résistance à la deltaméthrine en Nouvelle-Calédonie a été décrite dès 1991 (Brun, 1992) et confirmée en 1995 (Beugnet et Chardonnet, 1995). Une enquête menée sur l'ensemble du territoire en 1998 indiquait que 45,6 % des souches de tiques étaient résistantes à la deltaméthrine (Bianchi et al., 2003). Les tests réalisés au laboratoire de l'IAC ont ensuite permis d'observer que 75 % des souches examinées au cours de la période 2002-2003 étaient devenues résistantes à la deltaméthrine. Il a alors été décidé d'arrêter l'usage de cette molécule au profit de l'amitrazé. Ce produit, introduit en Nouvelle-Calédonie en 1996, a pris la place de la deltaméthrine dans les élevages au fur et à mesure du développement des résistances, pour être généralisé à partir de 2004 sur l'ensemble du territoire. Des souches de tiques résistantes à l'amitrazé ont été décrites dès 2003, lors de la mise en place du test (Ducornez et al., 2005). Dix-huit ans après son introduction, 23,0 % des souches de tiques testées ont donc acquis une résistance plus ou moins marquée vis-à-vis de l'amitrazé (statut intermédiaire ou résistant).

Le pourcentage de souches résistantes à l'amitrazé est néanmoins relativement faible au regard de la durée de son utilisation partielle (18 ans) ou quasi exclusive (10 ans). Il faut toutefois prendre en compte le changement, évoqué précédemment, de gestion de la lutte survenu lors de l'introduction de l'amitrazé. D'autres études ont déjà signalé un développement relativement lent de la résistance à l'amitrazé comparé à l'extension rapide des résistances aux pyréthrinoides de synthèse. Jonsson et Hope relevaient ainsi en 2007 que, 25 ans après son introduction en Australie, seuls 10,8 % des élevages enquêtés dans le Queensland présentaient des souches de tiques résistantes à l'amitrazé. Différentes études menées en Amérique latine indiquaient toutefois un développement plus rapide qu'en Australie des résistances vis-à-vis de l'amitrazé. Au Mexique, Fernandez-Salas et al. signalaient en 2012 que 54,7 % des souches testées étaient résistantes à l'amitrazé après 18 ans d'utilisation. Toujours au Mexique, Rodriguez-Vivas et al. avaient indiqué en 2007 que, selon la région, cette résistance touchait de 17,7 à 68,2 % des élevages. Ces variations peuvent être notamment dues aux tests employés et aux critères de résistance retenus, qui peuvent différer entre les études, mais également à des fréquences ou des pratiques de traitements différentes selon les régions (Bianchi et al., 2003 ; Lovis, 2012).

La présente étude montre qu'aujourd'hui l'emploi de la deltaméthrine pourrait de nouveau être envisagé dans trois quart des élevages. L'observation d'un retour à une certaine sensibilité des tiques vis-à-vis de cet acaricide peut s'expliquer par l'arrêt de l'utilisation de cette molécule depuis 2004. Les modes d'action et les mécanismes de sélection de résistance étant différents entre la deltaméthrine et l'amitrazé, l'absence de pression de sélection sur les gènes responsables du développement de la résistance aux pyréthrinoides entraîne un retour relatif de la sensibilité des tiques à cette famille de molécules. Ce phénomène de réversion est peu documenté pour les tiques mais il a été étudié pour d'autres acariens (Milani et Della Vedova, 2002). Il avait cependant été observé dans les années 1970, à une époque où les organochlorés et les organophosphorés étaient employés contre *R. microplus*, qu'un retour à une certaine sensibilité vis-à-vis d'un produit était possible plus ou moins longtemps après l'arrêt de son utilisation. Il était toutefois suspecté que le retour de la résistance serait rapide dès lors que les éleveurs réutiliseraient les molécules abandonnées pendant quelques années (Stone, 1972). Un tel phénomène semble se produire avec la deltaméthrine. En Nouvelle-Calédonie, après seulement trois traitements, les éleveurs observent déjà une baisse drastique de son efficacité (commun. pers.).

Différentes études ont été menées pour évaluer la possibilité d'associer des pyréthrinoides et l'amitrazé afin de potentialiser leurs effets acaricides (Li et al., 2007 ; Rodriguez-Vivas et al., 2013). Une étude réalisée en Nouvelle-Calédonie a ainsi conclu que l'adjonction d'amitrazé à une solution de deltaméthrine permettait de contrôler des populations de tiques résistantes à cette dernière molécule (Barré et al., 2008). Cette stratégie pourrait être une alternative ponctuelle à l'usage d'un seul acaricide dans un programme de lutte intégrée.

Dans le cadre actuel de la stratégie de lutte globale et territoriale contre les tiques, le coût d'éventuels traitements par les lactones macrocycliques n'est pas pris en charge par les pouvoirs publics. Ces produits n'ont donc été jusqu'à présent que peu utilisés sur le territoire, rarement plus d'une fois par an, que ce soit comme acaricide ou comme vermifuge. Cela peut expliquer l'absence de résistance des tiques vis-à-vis de cette famille de pesticides. La situation pourrait cependant évoluer et il était important d'établir un état des lieux dans l'optique du développement possible de leur utilisation.

En effet, la gestion des acaricides a changé en 2010 avec la mise en place d'un Groupement de défense sanitaire (GDS) sur le territoire. Cet organisme s'est vu confier l'organisation de la lutte contre les tiques avec le soutien financier du gouvernement local. L'objectif de ce transfert de compétence était de dédier une structure au contrôle de *R. microplus* mais également d'intégrer directement les éleveurs dans la gestion et la définition des stratégies de lutte contre le parasite. Avec la généralisation des résistances, la lutte contre cette tique ne pourra en effet plus reposer exclusivement sur les acaricides et la mise en place d'un programme de lutte intégrée s'avère aujourd'hui indispensable.

Depuis maintenant cinq ans, tout éleveur chez qui une souche de tiques résistante à l'amitrazé est mise en évidence par un test *in vitro* est pris en charge par le GDS. Une visite conjointe du GDS, du vétérinaire et du technicien en charge de l'élevage est organisée pour définir une stratégie de lutte contre la tique en fonction de la situation et des objectifs de production de l'éleveur. Le statut institutionnel particulier de la Nouvelle-Calédonie permet de commander des médicaments vétérinaires hors de l'Union européenne, y compris ceux pour lesquels il n'existe pas d'Autorisation de mise sur le marché française. Avec l'aval des services vétérinaires, il est ainsi possible de recourir aux acaricides très rémanents commercialisés en Australie ou aux Etats-Unis, que sont l'ivermectine longue action (Ivomec Gold, Merial) et le fluazuron (Acatak, Novartis). Ces produits ne sont cependant utilisables que dans le cadre du plan de lutte défini pour l'élevage par le GDS et leur application, à raison de deux traitements maximum par an, est réalisée par un technicien du GDS. L'action de ces produits rémanents est avant tout intéressante pour baisser la pression des formes libres du parasite dans les pâturages car les larves de tiques se nourrissant sur les animaux seront systématiquement tuées durant six semaines après un traitement. Les traitements avec ces molécules rémanentes sont donc obligatoirement associés à une rotation raisonnée des animaux sur les différentes parcelles de l'exploitation.

Les temps d'attente liés à l'usage de ces produits pouvant aller jusqu'à quatre mois, leur utilisation nécessite un suivi individuel des animaux, ce qui représente une contrainte lourde pour les éleveurs. L'objectif premier du recours à ces acaricides n'est ainsi pas de proposer une nouvelle molécule à intégrer dans un plan de lutte mais d'accompagner temporairement l'éleveur le temps de mettre en place une lutte génétique et/ou agronomique pour gérer au mieux les infestations parasitaires.

Par ailleurs, comme indiqué précédemment, les résistances aux lactones macrocycliques sont déjà connues dans différents pays d'élevage bovin (Abbas et al., 2014) et le premier cas de résistance au fluazuron a été décrit en 2014 (Reck et al., 2014). Le test actuellement employé en Nouvelle-Calédonie pour évaluer la résistance aux lactones macrocycliques utilise de la moxidectine. Une résistance croisée entre l'ivermectine et la moxidectine a été décrite (Martins et Furlong, 2001), mais il pourra à l'avenir être envisagé de développer le test en utilisant l'ivermectine pour suivre plus précisément le développement d'éventuelles résistances liées à l'administration d'ivermectine rémanente.

Alors que la majorité du troupeau calédonien était composée d'animaux de race Limousine, la dernière décennie a vu l'importation soutenue de bovins de race Brahman. En effet, comme la grande majorité des races européennes, la Limousine est extrêmement sensible à la tique *R. microplus*. En revanche, la Brahman, développée à partir de quatre races de zébus ayant évolué dans la zone géographique d'où est originaire cette tique, y est naturellement résistante. Les animaux issus du croisement entre des bovins Brahman et européens présentent un niveau de résistance à la

tique satisfaisant (Utech et al., 1978). D'autres races dites composites, car elles-mêmes issues de croisements, telles la Sénépoul, la Droughtmaster et la Belmont Red, ont été plus récemment introduites sur le territoire. Une étude a montré que les bovins issus du croisement entre des animaux Sénépoul et Limousin étaient cinq à six fois plus résistants à la tique que des bovins purs Limousins (Hüe et al., 2014b). La voie génétique est ainsi une option intéressante à suivre par les éleveurs calédoniens pour gérer durablement ce parasite.

D'autres voies existent pour essayer d'abaisser la pression parasitaire due aux tiques dans les élevages. En premier lieu, la gestion des pâturages peut permettre d'éliminer une partie des larves présentes sur les parcelles. Des études menées en Nouvelle-Calédonie indiquent que, selon la saison, une mise au repos des pâturages entre trois et cinq mois permet de tuer 80 % des larves présentes (Barré et Delathière, 2010). Ce volet agronomique de la lutte doit être intégré dans une approche globale de la conduite du troupeau afin que les mesures préconisées soient cohérentes avec la gestion des ressources fourragères, au risque de ne pas être acceptées par l'éleveur.

Une seconde option pour diminuer l'infestation des troupeaux est la réforme des animaux les plus sensibles aux tiques au sein d'un élevage. En effet, les bovins les plus infestés recontaminent en permanence les pâturages ; le fait de les écarter permet d'abaisser l'infestation des parcelles et donc du troupeau. Frisch et al. (2000) ont ainsi montré qu'il était possible de diviser par sept l'infestation par *R. microplus* d'un troupeau de race sensible en réformant annuellement les animaux les plus infestés par ce parasite, tout en améliorant *in fine* le poids des animaux. Cette étude, menée en Australie, couvre une période relativement longue de 15 ans, mais il faut justement profiter des dernières molécules encore efficaces pour accompagner les éleveurs lors de la sélection s'ils veulent conserver la Limousine sur leurs exploitations.

La vaccination des animaux est également une voie à envisager. Un vaccin anti-tique (Tickgar puis TickgardPlus de Hoechst-Roussel) avait été développé et commercialisé en Australie dans les années 1990. Un essai avait été mené en Nouvelle-Calédonie en 2000 mais les résultats obtenus n'avaient pas été jugés assez satisfaisants pour envisager une utilisation à large échelle (Barré et al., 2000). Cependant, cet essai avait été réalisé à une période où l'amitrazé était encore pleinement efficace et la vaccination était alors considérée comme une contrainte dont l'efficacité ne pouvait rivaliser avec celle de la lutte chimique. Ce vaccin repose sur la production d'anticorps orientés contre une protéine du système digestif de la tique. Les tiques peuvent donc se fixer et se gorger sur les animaux vaccinés, mais elles produiront moins d'œufs, entraînant à terme une baisse de l'infestation des pâturages. Dans le contexte actuel où la lutte chimique atteint ses limites, un programme de recherche sur ce vaccin, reposant sur la production d'une protéine vaccinale issue d'une souche de tique néo-calédonienne, a été relancé à l'IAC. Les premiers résultats obtenus récemment en conditions contrôlées permettent d'envisager le passage aux essais en conditions de terrain pour les prochains mois (données non publiées). L'objectif serait alors d'inscrire ce moyen de lutte comme un outil supplémentaire à insérer dans les programmes de lutte intégrée pour maîtriser les populations de tiques, notamment dans les élevages de bovins de race européenne.

D'autres pistes de recherche, s'inscrivant dans des projets à plus long terme, sont actuellement suivies dans différents pays pour développer de nouveaux moyens de lutte. Les études sur des champignons entomopathogènes des genres *Metarhizium* et *Beauveria* montrent des résultats encourageants. Des travaux de mise au point sont toutefois encore nécessaires avant que la

commercialisation de ces organismes puisse être envisagée (Barré et Delathière, 2010). De même, l'identification de substances naturelles ayant des propriétés acaricides est actuellement en plein essor et un programme de recherche est développé localement pour valoriser la biodiversité néo-calédonienne (Hüe et al., 2014a ; Lebouvier et al., 2013). Même si les substances identifiées devront être soumises à différents tests pharmaceutiques avant de pouvoir être mises sur le marché, l'exemple de la commercialisation par le passé d'acaricides issus de la biodiversité (par exemple pyréthri-noïdes, avermectines, isoxazolines) laisse espérer que de nouvelles molécules sont encore à découvrir.

■ CONCLUSION

La présente étude indique qu'à ce jour près d'un quart des éleveurs calédoniens dont les tiques *R. microplus* ont été analysées ne peuvent plus compter sur l'amitraz pour contrôler de manière durable les infestations par les tiques. Cette molécule étant maintenant utilisée depuis plus de 18 ans sur le territoire, il est à craindre que cette proportion ne cesse d'augmenter alors que la sensibilité à la deltaméthrine n'a pas retrouvé un niveau suffisant pour espérer sa réutilisation, dix ans après l'arrêt de sa distribution sur le territoire. A l'avenir, à l'exception, sans doute transitoire, des mélanges de plusieurs molécules dont l'association potentialise l'efficacité, les éleveurs ne disposeront plus que des lactones macrocyclophiques ou du fluazuron pour contrôler les populations de tiques ; or l'usage de ces produits a des conséquences importantes pour la conduite des troupeaux compte tenu des temps d'attente élevés qui leur sont associés.

Il est crucial aujourd'hui d'utiliser de façon correcte et raisonnée ces dernières molécules. L'implication des professionnels dans la définition des mesures à mettre en œuvre est un élément majeur à développer. Le transfert de la gestion de la lutte contre la tique du Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie vers le Groupement de défense sanitaire s'inscrit dans cette stratégie et représente un tournant majeur pour le territoire. La mise en place de mesures alternatives à la lutte chimique représente le prochain défi à relever pour la filière afin de garantir la pérennité des élevages bovins.

Remerciements

Les auteurs remercient le personnel de l'abattoir pour sa collaboration et la société Anowo pour avoir fourni gracieusement le papier nylon utilisé dans les tests.

REFERENCES

- Abbas R.Z., Zaman M.A., Colwell D.D., Gilleard J., Iqbal Z., 2014. Acaricide resistance in cattle ticks and approaches to its management: The state of play. *Vet. Parasitol.*, **203** (1-2): 6-20, doi: 10.1016/j.vetpar.2014.03.006
- Barré N., 2006. *Boophilus microplus* resistance to acaricides in New Caledonia. 54th annual meeting Entomological Society of America, Indianapolis, Indiana, USA, 10-13 Dec. 2006.
- Barré N., Bianchi M., Costa R., 2000. Résultats d'un essai du vaccin anti-*Boophilus* Tickgard Plus (Hoechst-Roussel) en Nouvelle-Calédonie. Rapport du programme Elevage. IAC, Païta, Nouvelle-Calédonie, 8 p.
- Barré N., Delathière J.-M., 2010. Stratégie de lutte contre la tique du bétail en Nouvelle-Calédonie. Synthèse des connaissances. IAC, Païta, Nouvelle-Calédonie, 108 p.
- Barré N., Li A.Y., Miller R.J., Gaïa H., Delathière J.-M., Davey R.B., George J.E., 2008. *In vitro* and *in vivo* evaluation of deltamethrin and amitraz mixtures for the control of *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae) in New Caledonia. *Vet. Parasitol.*, **155** (1-2): 110-119, doi: 10.1016/j.vetpar.2008.04.016
- Barré N., Uilenberg G., 2010. Propagation de parasites transportés avec leurs hôtes : cas exemplaires de deux espèces de tiques du bétail. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **29** (1) : 135-147
- Beugnet F., Chardonnet L., 1995. Tick resistance to pyrethroids in New Caledonia. *Vet. Parasitol.*, **56** (4): 325-338, doi: 10.1016/0304-4017(94)00686-7
- Bianchi M.W., Barré N., Messad S., 2003. Factors related to cattle infestation level and resistance to acaricides in *Boophilus microplus* tick populations in New Caledonia. *Vet. Parasitol.*, **112** (1-2): 75-89, doi: 10.1016/S0304-4017(02)00415-6
- Brun L.O., 1992. Resistance to deltamethrin in *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarina: Ixodidae) in New Caledonia. *Aust. J. Entomol.*, **31** (4): 301-302, doi: 10.1111/j.1440-6055.1992.tb00510.x
- Chevillon C., Ducornez S., De Meeûs T., Koffi B.B., Gaïa H., Delathière J.-M., Barré N., 2007. Accumulation of acaricide resistance mechanisms in *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae) populations from New Caledonia Island. *Vet. Parasitol.*, **147** (3-4): 276-288, doi: 10.1016/j.vetpar.2007.05.003
- Ducornez S., Barré N., Miller R.J., de Garine-Wichatitsky M., 2005. Diagnosis of amitraz resistance in *Boophilus microplus* in New Caledonia with the modified Larval Packet Test. *Vet. Parasitol.*, **130** (3-4): 285-292, doi: 10.1016/j.vetpar.2005.04.018
- FAO, 1984. Ticks and tick-borne disease control: a practical field manual, Vol. I and II. FAO, Rome, Italy, 621 p.
- Fernández-Salas A., Rodríguez-Vivas R.I., Alonso-Díaz M.A., 2012. Resistance of *Rhipicephalus microplus* to amitraz and cypermethrin in tropical cattle farms in Veracruz, Mexico. *J. Parasitol.*, **98** (5): 1010-1014, doi: 10.1645/GE-3074.1
- Frisch J.E., O'Neill C.J., Kelly M.J., 2000. Using genetics to control cattle parasites - The Rockhampton experience. *Int. J. Parasitol.*, **30** (3): 253-264, doi: 10.1016/S0020-7519(00)00010-2
- Geary T.G., 2005. Ivermectin 20 years on: maturation of a wonder drug. *Trends Parasitol.*, **21** (11): 530-532, doi: 10.1016/j.pt.2005.08.014
- Hüe T., Cauquil L., Hzounda Fokou J.B., Jazet Dongmo P.M., Bakarngavia I., Menut C., 2014a. Acaricidal activity of five essential oils of *Ocimum* species on *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* larvae. *Parasitol. Res.*, **114** (1): 91-99, doi: 10.1007/s00436-014-4164-6
- Hüe T., Hurlin J.-C., Teurlai M., Naves M., 2014b. Comparison of tick resistance of crossbred Senepol x Limousin to purebred Limousin cattle. *Trop. Anim. Health Prod.*, **46** (2): 447-453, doi: 10.1007/s11250-013-0512-2
- Jonsson N.N., Hope M., 2007. Progress in the epidemiology and diagnosis of amitraz resistance in the cattle tick *Boophilus microplus*. *Vet. Parasitol.*, **146** (3-4): 193-198, doi: 10.1016/j.vetpar.2007.03.006
- Jonsson N.N., Mayer D.G., Green P.E., 2000. Possible risk factors on Queensland dairy farms for acaricide resistance in cattle tick (*Boophilus microplus*). *Vet. Parasitol.*, **88** (1-2): 79-92, doi: 10.1016/S0304-4017(99)00189-2
- Kunz S.E., Kemp D.H., 1994. Insecticides and acaricides: resistance and environmental impact. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **13** (4): 1249-1286
- Lebouvier N., Hüe T., Hnawia E., Lesaffre L., Menut C., Nour M., 2013. Acaricidal activity of essential oils from five endemic conifers of New Caledonia on the cattle tick *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. *Parasitol. Res.*, **112** (4): 1379-1384, doi: 10.1007/s00436-012-3268-0
- LeOra Software, 1987. POLO-PC: a user's guide to probit or logit analysis. LeOra Software, Berkeley, CA, USA, 36 p.
- Li A.Y., Chen A.C., Miller R.J., Davey R.B., George J.E., 2007. Acaricide resistance and synergism between permethrin and amitraz against susceptible and resistant strains of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Pest. Manag. Sci.*, **63** (9): 882-889, doi: 10.1002/ps.1417
- Lovis L., 2012. Evaluation of acaricide resistance in cattle tick, *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* using a new *in vitro* test and molecular tools. Thèse Doct, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, Suisse, 204 p.
- Martins J.R., Furlong J., 2001. Avermectin resistance of the cattle tick *Boophilus microplus* in Brazil. *Vet. Rec.*, **149** (2): 64
- Milani N., Della Vedova G., 2002. Decline in the proportion of mites resistant to fluvalinate in a population of *Varroa destructor* not treated with pyrethroids. *Apidologie*, **33** (4): 417-422, doi: 10.1051/apido:2002028

- Miller R.J., Davey R.B., George J.E., 2002. Modification of the food and agriculture organization larval packet test to measure amitraz-susceptibility against ixodidae. *J. Med. Entomol.*, **39** (4): 645-651, doi: 10.1603/0022-2585-39.4.645
- Nolan J., Wilson J.T., Green P.E., Bird P.E., 1989. Synthetic pyrethroid resistance in field samples in the cattle tick (*Boophilus microplus*). *Aust. Vet. J.*, **66** (6): 179-182, doi: 10.1111/j.1751-0813.1989.tb09796.x
- Perez-Cogollo L.C., Rodriguez-Vivas R.I., Ramirez-Cruz G.T., Miller R.J., 2010a. First report of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* resistant to ivermectin in Mexico. *Vet. Parasitol.*, **168** (1-2): 165-169, doi: 10.1016/j.vetpar.2009.10.021
- Perez-Cogollo L.C., Rodriguez-Vivas R.I., Ramirez-Cruz G.T., Rosado-Aguilar J.A., 2010b. Survey of *Rhipicephalus microplus* resistance to ivermectin at cattle farms with history of macrocyclic lactones use in Yucatan, Mexico. *Vet. Parasitol.*, **172** (1-2): 109-113, doi: 10.1016/j.vetpar.2010.04.030
- Reck J., Klafke G.M., Webster A., Dall'Agnol B., Scheffer R., Souza U.A., Corassini V.B., Vargas R., Dos Santos J.S., De Souza Martins J.R., 2014. First report of fluzaron resistance in *Rhipicephalus microplus*: a field tick population resistant to six classes of acaricides. *Vet. Parasitol.*, **201** (1-2): 128-136, doi: 10.1016/j.vetpar.2014.01.012
- Rodriguez-Vivas R.I., Li A.Y., Ojeda-Chi M.M., Trinidad-Martinez I., Rosado-Aguilar J.A., Miller R.J., Pérez de León A.A., 2013. *In vitro* and *in vivo* evaluation of cypermethrin, amitraz, and piperonyl butoxide mixtures for the control of resistant *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) in the Mexican tropics. *Vet. Parasitol.*, **197** (1-2): 288-296, doi: 10.1016/j.vetpar.2013.07.018
- Rodriguez-Vivas R.I., Rivas A.L., Chowell G., Fragoso S.H., Rosario C.R., Garcia Z., Smith S.D., Williams J.J., Schwanger S.J., 2007. Spatial distribution of acaricide profiles (*Boophilus microplus* strains susceptible or resistant to acaricides) in southeastern Mexico. *Vet. Parasitol.*, **146** (1-2): 158-169, doi: 10.1016/j.vetpar.2007.01.016
- Sabatini G.A., Kemp D.H., Hughes S., Nari A., Hansen J., 2001. Tests to determine LC₅₀ and discriminating doses for macrocyclic lactones against the cattle tick, *Boophilus microplus*. *Vet. Parasitol.*, **95** (1): 53-62, doi: 10.1016/S0304-4017(00)00406-4
- Stone B.F., 1972. The genetics of resistance by ticks to acaricides. *Aust. Vet. J.*, **48** (6): 345-350, doi: 10.1111/j.1751-0813.1972.tb02264.x
- Stone B.F., Haydock K.P., 1962. A method for measuring the acaricide-susceptibility of the cattle tick *Boophilus microplus* (Can.). *Bull. Entomolog. Res.*, **53** (3): 563-578, doi: 10.1017/S000748530004832X
- Utech K.B.W., Wharton R.H., Kerr J.D., 1978. Resistance to *Boophilus microplus* (Canestrini) in different breeds of cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, **29** (4): 885-895, doi: 10.1071/AR9780885
- Verges J., 1944. Les tiques du bétail - Méthode d'éradication. Imprimeries réunies, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 71 p.

Summary

Hüe T., Petermann J., Hurlin J.-C., Gaia H., Cauquil L. Resistance of cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) to deltamethrin, amitraz and moxidectin in New Caledonia: Review of the situation and perspectives for tick control

Cattle tick *Rhipicephalus microplus*, introduced in New Caledonia in 1942, has a significant impact on cattle health and farm profitability. The control of this parasite, based to date on the use of acaricides, led to the development of resistance to the chemicals successively available on the market. To assess the status of resistance to the latest products, a survey based on resistance tests to deltamethrin, amitraz and moxidectin was implemented between October 2013 and September 2014. The aims were to establish the efficiency of amitraz which had been in use for 18 years in New Caledonia, to assess a possible re-use of deltamethrin 10 years after discontinuing its distribution, and to monitor the emergence of a possible resistance to macrocyclic lactone whose use is currently restricted. According to the selected resistance criteria, the resistance prevalence, or an intermediate status, to deltamethrin and amitraz was 25.8 and 23.0 %, respectively. No resistance to moxidectin was found. In the context of the progressive development of resistance to amitraz, tick-control management was transferred to a health defense association (Groupement de défense sanitaire), which was expected among other missions to develop integrated parasite-control programs. Based on the observed results, this article presents the possible change in tick-control management in New Caledonia, which has to evolve from an exclusive and intensive use of chemicals to a set of complementary measures within the framework of an integrated control led by professionals.

Keywords: *Rhipicephalus microplus*, resistance to acaricides, amitraz, deltamethrin, milbemycin, integrated control, New-Caledonia

Resumen

Hüe T., Petermann J., Hurlin J.-C., Gaia H., Cauquil L. Resistencia de garrapata *Rhipicephalus microplus (Boophilus)* (Canestrini) a la deltametrina, amitraz y moxidectina en Nueva Caledonia: Examen de la situación y perspectivas para el control de garrapatas

La garrapata del ganado *Rhipicephalus microplus*, introducida en Nueva Caledonia en 1942, tiene un impacto significativo en la salud del ganado y la rentabilidad de la explotación. El control de este parásito, basado hasta la fecha en el uso de acaricidas, condujo al desarrollo de la resistencia a los productos químicos sucesivamente disponibles en el mercado. Para evaluar el estado de resistencia a los últimos productos, entre octubre de 2013 y septiembre de 2014, se llevó a cabo una encuesta basada en las pruebas de resistencia a deltametrina, amitraz y moxidectina. Los objetivos fueron establecer la eficiencia de amitraz, en uso durante 18 años en Nueva Caledonia, evaluar una posible reutilización de deltametrina 10 años después de la interrupción de su distribución, y para vigilar la aparición de una posible resistencia a la lactona macrocíclica, cuyo uso está restringido actualmente. Según los criterios de resistencia seleccionados, la prevalencia de resistencia, o un estado intermedio, a la deltametrina y amitraz fue 25,8 y 23,0%, respectivamente. No se encontró resistencia a la moxidectina. En el contexto del desarrollo progresivo de la resistencia al amitraz, la gestión del control de la garrapata fue transferida a una asociación de defensa de la salud (Agrupación de Defensa sanitaria), la cual se esperaba, que entre otras misiones, desarrollase programas integrados de control de parásitos. En base a los resultados observados, este artículo presenta el posible cambio en la gestión del control de las garrapatas en Nueva Caledonia, que tiene que evolucionar a partir de un uso exclusivo e intensivo de productos químicos hacia un conjunto de medidas complementarias en el marco de un control integrado, dirigido por profesionales.

Palabras clave: *Rhipicephalus microplus*, resistencia a los acaricidas, amitraz, deltametrín, milbemicina, lucha integrada, Nueva Caledonia

Influenza aviaire au Vietnam : état des lieux et complémentarité des activités de surveillance et des études épidémiologiques (2007–2011)

Véronique Duteurtre¹ Alexis Delabouglise¹ Flavie Goutard¹
Viet Khong Nguyen² Guillaume Duteurtre³ François Roger¹
Marisa Peyre^{1*}

Mots-clés

Volaille, surveillance épidémiologique, influenza aviaire, Viet Nam

Accepted: 9 mars 2016;
Published: 9 May 2016

Résumé

L'apparition de l'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP) H5N1 en 2003 a accentué la nécessité de disposer de systèmes de surveillance en santé animale efficaces pour éviter une pandémie grippale. Dans certains pays des mesures *ad hoc* ont été mises en place, soutenues par des bailleurs mais sans véritable ancrage sur le terrain ou auprès des institutions publiques chargées d'assurer une veille sanitaire. D'autres dispositifs, au contraire, ont permis de renforcer les structures déjà en place. L'objectif de cette étude a été de faire un état des lieux des dispositifs de surveillance de l'IAHP chez les volailles au Vietnam afin d'évaluer la complémentarité des dispositifs nationaux (financés par le gouvernement vietnamien) et des programmes mis en place par les bailleurs internationaux. Les différents types de dispositifs de surveillance, d'études épidémiologique et de projets recherche sur l'IAHP au Vietnam ont été évalués dans l'ensemble complémentaires, assurant une couverture homogène du pays. Cependant les nouvelles politiques gouvernementales ont pour la plupart été décidées sans évaluation des actions antérieures en raison d'une insuffisance de données d'évaluation ou d'impact des projets mis en œuvre. Un dysfonctionnement du système de surveillance passive, avec un retour limité des résultats et des recommandations aux agents de terrain, a également été constaté. La mise en place de dispositifs de surveillance active efficaces en complément de la surveillance passive s'avère donc essentielle dans la gestion du risque de l'IAHP au Vietnam.

■ Comment citer cet article : Duteurtre V., Delabouglise A., Goutard F., Nguyen V.K., Duteurtre G., Roger F., Peyre M., 2015. Avian influenza in Vietnam: Current status and complementary of surveillance protocols and epidemiological studies (2007–2011) [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **68** (4): 175-183

■ INTRODUCTION

Durant les vingt dernières années, de nombreux efforts ont été entrepris pour améliorer les systèmes de surveillance en santé animale, notamment dans les pays du Sud, dans un but de détection précoce et de contrôle des maladies animales et zoonotiques. L'apparition de l'influenza aviaire hautement pathogène (Wantanee Kalpravidh, 2011) H5N1 en 2003 a accentué la nécessité de

disposer de systèmes de surveillance fonctionnels et efficaces en santé animale, non seulement pour la santé animale mais aussi pour la santé publique, en raison en particulier des risques de pandémie de grippe. Il y a eu de nombreuses tentatives d'amélioration des systèmes de surveillance en santé animale aux niveaux national, régional et mondial (Wantanee Kalpravidh, 2011). Cependant, certaines de ces initiatives sont restées insuffisamment connectées entre elles. Dans plusieurs pays, on a ainsi assisté à la mise en place de nombreuses mesures *ad hoc* de suivi ou de surveillance, soutenues par des bailleurs de fonds au travers d'études ponctuelles ou dans le cadre de projets de recherche. Ces mesures n'ont pas toujours été conçues et mises en œuvre en concertation étroite avec les institutions publiques chargées d'assurer un suivi ou une veille sanitaire (Laboratoire national de diagnostic vétérinaire, Département de la santé animale, ministère de l'Agriculture et du Développement rural).

1. Cirad, UPR Agirs, TA C-22 / E, avenue Agropolis, 34398 Montpellier, France.

2. National Institute for Veterinary Research, Hanoi, Vietnam.

3. Cirad, UMR Selmet, 34398 Montpellier, France.

* Auteur pour la correspondance
Email : marisa.peyre@cirad.fr



Au Vietnam, des institutions de développement et de recherche ont ainsi été sollicitées pour concevoir, mettre en place ou évaluer différents types de dispositifs de suivi sanitaire : réseaux d'épidémiologie nationale, activités de surveillance active, études de prévalence virale et de mesure d'impact de la vaccination dans le cadre de projets de recherche. Or, pour préconiser la mise en place de nouveaux dispositifs, pour proposer des orientations à ceux déjà existants ou pour évaluer la rentabilité des programmes financés par les bailleurs de fonds internationaux, il convient de connaître avec précision l'état des dispositifs existant depuis plusieurs années ou de ceux mis en place plus récemment dans le cadre d'initiatives plus ou moins isolées, et plus ou moins spécifiques. Cependant, un document qui présente un panorama général des dispositifs de suivi sanitaire en place dans ce pays fortement touché par l'influenza aviaire n'est pas disponible actuellement, ce qui rend leur évaluation difficile.

L'objectif de la présente étude a été de présenter un état des lieux des projets de recherche ou de développement, et des dispositifs de surveillance en matière de santé animale mis en place au Vietnam avec un point focal sur la surveillance de l'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP) H5N1, afin d'évaluer leur complémentarité. L'étude s'intéresse aussi à la pérennité des réseaux de surveillance *ad hoc* ainsi qu'à leur impact sur la qualité et les performances du système national de surveillance des maladies animales à long terme, et dans les différentes régions du pays.

■ MATERIEL ET METHODES

Etat des lieux des activités de surveillance de l'influenza aviaire au Vietnam (2007–2011)

Cette étude a consisté en un recensement des activités de surveillance de l'influenza aviaire au Vietnam, en plus de celles financées par le gouvernement vietnamien, ainsi qu'à une analyse globale de type coût-efficacité des différents dispositifs de surveillance et de recherche mis en place. La période prise en compte se situe de 2007 à 2011. Tout d'abord, une revue bibliographique incluant la collecte d'informations sur internet a été réalisée. Des recherches sur les bases de données scientifiques (CAB Abstracts, Web of Science, Medline and Scopus) et avec le moteur de recherche Google Scholar ont été réalisées en utilisant de l'algorithme suivant : « surveillance » + [« Influenza » OR « disease » OR « animal diseases »] + « Vietnam ». Il est à souligner que peu de documents précis sur les projets de surveillance sont disponibles en accès libre, soit parce qu'ils ne sont pas encore publiés (projets en cours), soit parce qu'ils ne sont pas diffusés. L'essentiel des données sur les différents programmes et projets liés à la surveillance de l'influenza aviaire au Vietnam a été obtenu lors d'entretiens réalisés de mars à juin 2011 avec les personnes ressources impliquées dans la surveillance de l'influenza aviaire.

Les responsables des principaux projets ainsi que des chercheurs impliqués dans des programmes de surveillance ou de renforcement du système national de surveillance de l'influenza aviaire ont été interrogés lors d'entretiens semi-directifs afin d'obtenir des informations générales sur les projets et des informations plus précises sur les protocoles spécifiques des activités de surveillance mises en place dans le cadre du projet [type d'activité (programme de surveillance nationale / étude épidémiologique dans le cadre de projets de développement et/ou de recherche), objectif, couverture géographique, protocoles détaillés, implication du gouvernement, liens avec les autres projets de développement et/ou de recherche, coûts et efficacité, impact des activités de surveillance].

Des données complémentaires sur les résultats et impacts ont été obtenues lors d'ateliers nationaux de présentation des résultats des projets (atelier national FAO⁴/DAH⁵ sur le thème « Progrès récents dans la connaissance de l'épidémiologie de l'IAHP au Vietnam et identification des priorités de recherche », les 1^{er} et 2 juin 2011 à Hanoi ; atelier de clôture du projet GETS⁶/FAO le 10 juin 2011 à Hanoi ; atelier de clôture et de présentation des résultats du projet Gripavi⁷/Cirad⁸ le 23 septembre 2011 à Hanoi).

Ces données ont été complétées par des entretiens avec les responsables des principales institutions impliquées dans la surveillance des maladies animales ou humaines au Vietnam (DAH, NIVR⁹, NIHE¹⁰, UAH¹¹ et Rudec¹²) et des agences de développement et avec des bailleurs de fonds intervenant dans le domaine (notamment FAO, OMS¹³, PAHI¹⁴, USAID¹⁵).

Analyse coût par point

L'évaluation d'un système ou d'activités de surveillance doit permettre de savoir si a) les objectifs fixés ont bien été atteints et b) si les données recueillies et interprétées ont été restituées à ceux qui en ont besoin (et si une décision de sécurité sanitaire a été prise). L'évaluation coût par point apporte en outre la dimension financière, c'est-à-dire qu'elle permet d'évaluer les résultats obtenus (en termes de points) en regard des dépenses effectuées pour la surveillance (Drummond et al., 1998).

Une estimation des coûts alloués aux activités de surveillance pour chaque projet ainsi qu'aux études de prévalence et de suivi de la vaccination des projets de recherche a été réalisée en se basant sur le nombre d'échantillons collectés pour chaque étude et en prenant uniquement en compte les coûts liés aux frais de prélèvement sur le terrain (y compris transport, *per diem* et petits consommables) et les coûts d'analyse. Dans cette analyse, nous avons défini l'efficacité des activités de surveillance en fonction de quatre critères : le nombre d'objectifs atteints, la couverture géographique, la qualité de restitution des résultats au gouvernement (fréquence, rapidité et simplicité), et la production de recommandations et le niveau d'applicabilité de ces recommandations (Drummond et al., 1998). L'évaluation de l'efficacité a été mesurée en nombre de points acquis permettant de répondre aux objectifs de surveillance définis ci-dessus. Le nombre total de points dépendait du nombre d'objectifs, de leur couverture géographique et du niveau de restitution des résultats. Par exemple le nombre total de points du projet A a été de 13 ce qui correspondait à deux objectifs, chacun mis en œuvre dans cinq provinces et avec un très bon niveau de restitution (niveau 3) et de recommandations pratiques. La valeur coût par point du projet a ensuite été calculée en divisant le coût total par le nombre total de points.

Notons ici que les données nécessaires à ce type d'analyse sont considérées comme très sensibles politiquement et sont de ce fait très difficiles à obtenir auprès des responsables de chaque projet. Dans ce contexte, l'analyse coût par point n'a pu être effectuée que pour sept projets sur les onze étudiés (quatre projets de renforcement du système national, soit deux de surveillance active et deux de renforcement des capacités, et trois projets de recherche). Dans un souci de confidentialité, les projets ont été codés de A à G. L'objectif de cette analyse coût par point a été d'analyser de

⁴ Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture ; ⁵ Department of Animal Health (Vietnam) ; ⁶ Gathering Evidence for a Transitional State ; ⁷ Ecologie et épidémiologie de la maladie de Newcastle et de l'influenza aviaire ; ⁸ Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement ; ⁹ National Institute for Veterinary Research ; ¹⁰ National Institute of Hygiene and Epidemiology ; ¹¹ Université d'agriculture de Hanoi ; ¹² Rural Development Center ; ¹³ Organisation mondiale de la santé ; ¹⁴ Partnership in Avian and Human Influenza ; ¹⁵ Agence de développement international des Etats-Unis

manière qualitative la relation entre les montants alloués aux activités de surveillance et les résultats générés.

■ RESULTATS

Complémentarité géographique des activités de surveillance, de développement et de recherche

Les différentes activités de surveillance ont été menées sur l'ensemble du pays (59 provinces sur les 63 provinces du pays), avec une concentration des dispositifs de surveillance dans le delta du fleuve Rouge au nord, le delta du Mékong au sud et quelques provinces du centre (tableau I ; figure 1-A). Les activités de surveillance active pilotées par le gouvernement ont été mises en œuvre dans 44 provinces du pays, dont les 33 provinces classées à haut risque par le gouvernement (MARD et DAH, 2007). Ces activités consistent essentiellement en des suivis postvaccination (mesure de l'efficacité de la vaccination dans les fermes vaccinées).

Les projets de renforcement du système de surveillance national ont opéré de façon générale sur l'ensemble du pays en se focalisant sur des provinces jugées à haut risque, en concertation avec les services vétérinaires vietnamiens (DAH). La catégorisation des provinces selon un niveau de risque défini dans le plan de surveillance et de contrôle national de l'influenza aviaire a été basée sur l'analyse des facteurs de risque de maladie (par exemple la densité de volailles, la densité de population humaine, l'historique des cas d'IAHP aviaire ou de cas humains) (MARD et MOH, 2006). Les activités mises en place dans le cadre de ces projets concernent des actions visant à améliorer le système de surveillance passive (par exemple le renforcement des capacités des services vétérinaires, la mise en place d'une surveillance participative (surveillance épidémiologique communautaire) (projets VSF-Cicda, Mekong Initiative, et n° 602 et 604) ainsi que des activités de surveillance active (par exemple, le suivi de la circulation virale dans les fermes, marchés, abattoirs) (projets Vahip et GETS). Ces dispositifs de renforcement de la surveillance passive ont été menés dans 38 provinces par ces six projets. Les projets de recherche, quant à eux, ont ciblé des terrains précis, situés dans les deux zones de delta : dans le delta du Mékong (projets Aciar ; New Zealand ; Oucru) et dans le delta du fleuve Rouge (projet Gripavi).

Complémentarité de la surveillance active et des activités de recherche et développement

Efficacité de la vaccination : mise en œuvre et suivi sérologique

Des études de couverture vaccinale par un suivi sérologique des élevages ont été mises en œuvre dans le cadre de quatre projets différents (Vahip, Aciar, New Zealand et Gripavi) couvrant 21 provinces. Les espèces suivies ont été les canards de plein air, les canards transhumants et les espèces en contact (porcs) au sud, les canards de Barbarie (nord, sud et centre), les canards et poulets au nord, et les porcs au nord. Des études similaires ont été mises en œuvre dans trois provinces mais les espèces étudiées ou la période d'étude ont été différentes (figure 1-B). Des études d'efficacité de mise en œuvre de la vaccination (suivi sérologique postvaccinal cinq semaines après la vaccination) ont été menées dans le cadre du système de surveillance national (DAH) et dans le cadre de trois projets (GETS, n° 602 et 604) dans 28 provinces sur les canards et les poulets (figure 1-B).

Prévalence et suivi de la circulation virale dans les élevages vaccinés

L'objectif de ces activités a été d'évaluer le taux de circulation virale dans les élevages vaccinés. Des études transversales de surveillance virologique des élevages (figure 1-C) ont été mises en

œuvre dans le cadre de quatre projets (Vahip, n° 604, NZ et Gripavi) couvrant 26 provinces. Les espèces surveillées ont été les canards de plein air au sud, les canards de Barbarie (nord, sud et centre), les canards de chair, les canes et les poules pondeuses (nord, sud et centre), les canards transhumants et les espèces en contact au sud, les canards et poulets au nord, et les porcs au nord. Seules deux provinces ont eu des activités de surveillance virologique en commun sur deux projets différents, mais les espèces étudiées ou les périodes d'études ont été différentes (par exemple suivi des canards de Barbarie par Vahip, et des poulets et canards domestiques par Gripavi à Thai Binh). Une surveillance virologique des oiseaux dans les marchés (figure 1-D) a été effectuée par trois projets durant la même période (2009–2010) (Vahip, GETS et Gripavi) dans 17 provinces et a concerné essentiellement les canards au nord, centre et sud, ainsi que les poulets au nord.

La surveillance des animaux dans les abattoirs a été menée dans 15 provinces par trois projets (Vahip, Gripavi et Oucru). Elle a consisté en des activités très variées : un suivi virologique des canards (quatre provinces au nord, centre et sud ; Vahip), une surveillance sérologique et virologique des porcs au nord (11 provinces ; Gripavi) et un suivi sérologique des porcs au sud (deux provinces ; Oucru). Les espèces étudiées durant la même période dans les deux seules provinces communes à deux projets étaient différentes (porcs et canards).

Des élevages sentinelles (suivi sérologique et virologique) ont été mis en place par deux projets (GETS et Aciar) dans huit provinces pour les canards au nord, centre et sud, et les canards et les poulets en contact au sud. Seule la province de Soc Trang au sud a été le terrain d'étude de ces deux projets, mais les dispositifs d'élevages sentinelles n'ont pas été effectués les mêmes années (Aciar en 2007–2008 et GETS en 2010–2011) et Aciar a surveillé à la fois les canards et les poulets en contact. L'objectif de ces activités a été d'évaluer le taux de circulation virale dans les élevages et/ou zones vaccinées dans le cadre de la campagne de vaccination nationale contre l'IAHP.

La surveillance des oiseaux sauvages a été effectuée dans le cadre de Gripavi dans deux provinces du nord (suivis sérologique et virologique des oiseaux) et dans des parcs nationaux par le DAH. Le projet Vahip s'est intéressé au suivi sérologique des volailles de contrebande dans la province de Lang Son, à la frontière avec la Chine.

Analyse coût par point des différents projets

Selon les personnes ressources interrogées, le coût de surveillance (qui représente la part du budget consacré aux activités de surveillance dans chaque projet) représenterait environ 20 % du budget total du projet et 25 % quand le projet comporte des activités de suivi sérologique postvaccinal. Les analyses de laboratoire représentaient 95 % du coût de la surveillance active (5 % pour les analyses sérologiques et 90 % pour les analyses virologiques). Ces données ont confirmé le faible coût engendré par la surveillance sérologique par rapport à la surveillance virologique. De plus, certaines activités ont été beaucoup plus coûteuses et plus compliquées à mettre en œuvre que d'autres (par exemple la surveillance des élevages sentinelles vis-à-vis du suivi dans les marchés).

Le coût des activités de renforcement du système national (surveillance active et renforcement des capacités) ainsi que des études mises en œuvre dans le cadre de projets de recherche est important (de 150 000 à 800 000 USD/an pour des études transversales de prévalence, circulation virale ou efficacité de la vaccination, et jusqu'à 1 million USD/an pour le renforcement des capacités qui représente un investissement à long terme).

Tableau 1

Typologie des dispositifs de surveillance et de recherche de l'influenza aviaire hautement pathogène H5N1 en place au Vietnam (2007–2011)

Type de projet	Système national		Projets de renforcement du système national				Projets de recherche incluant des activités de surveillance			
	Surveillance passive (DAH / MARD-International)	Surveillance active (DAH-FAO/USAID)	602 (DAH-FAO/JTF)	604 (DAH-FAO/USAID)	AI Mekong Initiative Associates (Abt Ass./USAID)	Projets de VSF-Cicda (USAID/FAO)	Projets d'Acicar (Acicar/AusAid)	Projets NZ (Massey Uni. / NZAid)	Gripavi (NIVR- Cirad/(MAE) (fonds propres)	Oucru
Acronyme du projet (mise en œuvre/ financement)	Vahip (DAH/ Banque mondiale)	GETS (DAH-FAO/ USAID)	602 (DAH-FAO/ JTF)	604 (DAH-FAO/ USAID)	AI Mekong Initiative Associates (Abt Ass./USAID)	Projets de VSF-Cicda (USAID/FAO)	Projets d'Acicar (Acicar/AusAid)	Projets NZ (Massey Uni. / NZAid)	Gripavi (NIVR- Cirad/(MAE) (fonds propres)	Oucru
Echelle/localisation	National	11 prov nord/centre/sud	5 prov nord/centre/sud	22 prov nord/centre/sud	5 prov nord/centre/sud	30 prov nord/centre/sud	3 prov au sud	2 prov au sud	3 prov au nord	2 prov au sud
Renforcement des capacités des services publics				CADS ¹ (12 prov)	CBS ²	LVN ³				
Suivi sérologique postvaccinal	Fermes d'Etat (15 en 2008) et élevages (27 prov en 2008)	Canards (3 semaines après vaccination)	Poulets de chair (21 fermes à Nam Dinh)	Fermes d'Etat (16 en 2010) et élevages (22 prov en 2010)						
Surveillance active et/ou activités de recherche										
Etudes sérologiques dans les élevages	Canards (1 prov en 2009, 2 en 2010) / canards de Barbarie (6 prov en 2009, 1 en 2010)	Canards	Poulets de chair (21 fermes à Nam Dinh)	Fermes d'Etat (16 en 2010) et élevages (22 prov en 2010)			Canards transhumants	Canards transhumants et espèces en contact	Canards et poulets (2 prov) / porcs (2 prov)	
Etudes de prévalence dans les élevages	Canards (19 prov en 2005, 18 en 2008)	Canards (1 prov en 2009, 2 en 2010) / canards de Barbarie (6 prov en 2009, 1 en 2010)	Canards et poules pondeuses (8 prov en 2010)				Canards transhumants et espèces en contact	Canards et poulets (2 prov) / porcs (1 prov)		
Etudes de prévalence dans les marchés	Canards (19 prov en 2005, 30 en 2011)	Canards (11 prov en 2009, 8 en 2010)	Canards				Canards transhumants et espèces en contact	Canards et poulets (2 prov)		
Etudes de prévalence dans les abattoirs	Canards (VIRO) (4 prov)	Canards	Canards				Canards et poulets en contact	Porcs (SERO + VIRO) (2 prov)	Porcs (VIRO)	
Suivis sérologiques et virologiques d'élevages sentinelles		Canards								
Etudes sur les oiseaux sauvages	(2 parcs en 2008/2010)								(SERO + VIRO) (2 prov)	
Etudes sur les volailles de contrebande	(SERO) (1 prov en 2009)									

Acicar : Australian Centre for International Agricultural Research ; AusAid : Australian Government Overseas Aid Program ; Cirad : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement ; DAH : Department of Animal Health, Vietnam ; FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture ; GETS : Gathering Evidence for a Transitional State ; GETS : Ecologie et épidémiologie de la maladie de Newcastle et de l'influenza aviaire ; JTF : Japan Trust Fund ; MAE : ministère des Affaires étrangères et européennes, France ; MARD : ministère de l'Agriculture, Vietnam ; NIVR : National Institute for Veterinary Research ; Oucru : Oxford University Clinical Research Unit ; USAID : Agence de développement international des Etats-Unis ; Vahip : Vietnam Avian and Human Influenza Control and Preparedness Project ; VSF-Cicda : Agronomes et vétérinaires sans frontières
 Prov. : provinces (le nombre de provinces est précisé par activité s'il varie du nombre global) ; SERO : sérologique ; VIRO : virologique
¹ Community animal disease surveillance ; ² Community-based surveillance ; ³ Local veterinary network

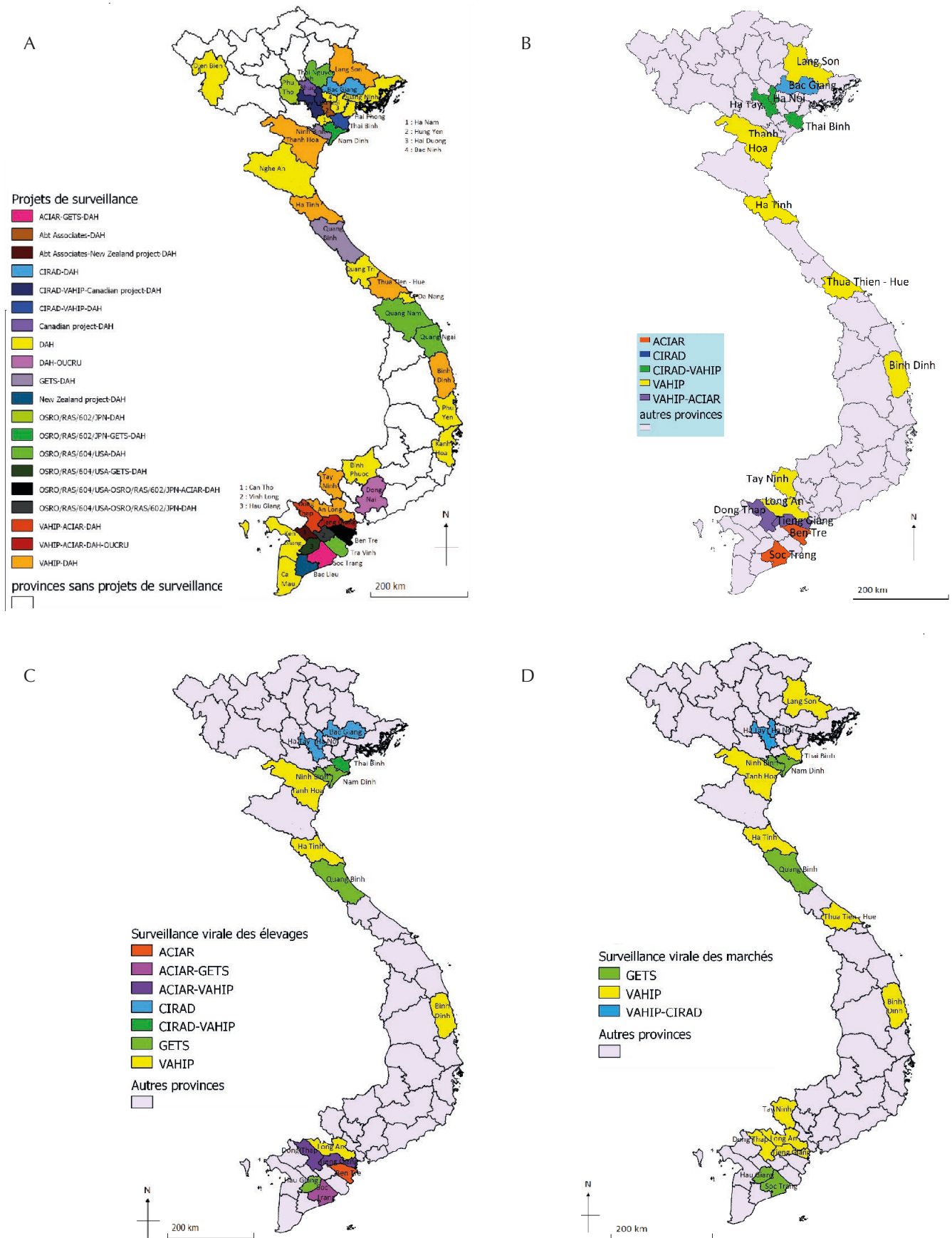


Figure 1 : répartition géographique des activités de surveillance de l'influenza aviaire hautement pathogène au Vietnam (2007–2011). A : surveillance active totale ; B : surveillance sérologique ; C : surveillance virologique dans les fermes ; D : surveillance virologique dans les marchés. Aciar : Australian Centre for International Agricultural Research ; Cirad : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement ; DAH : Department of Animal Health, Vietnam ; GETS : Gathering Evidence for a Transitional State ; JPN : Japan Trust Fund ; Oucru : Oxford University Clinical Research Unit ; Vahip : Vietnam Avian and Human Influenza Control and Preparedness Project

Les principaux objectifs des projets pris en compte dans l'étude ont été les suivants : a) analyse des déterminants de la maladie et des facteurs de risques, b) estimation de la prévalence de la maladie, c) détection virale, d) suivi de la vaccination, et e) efficacité

de la vaccination (tableau II). Il ne s'agit pas d'une liste des objectifs ordonnée selon leur importance vis-à-vis de la situation sanitaire de l'IAHP au Vietnam ; l'analyse de l'importance relative des objectifs n'a pas fait l'objet de cet état des lieux. Cette étude

Tableau II

Objectifs spécifiques des projets de renforcement du système de surveillance et des projets de recherche sur l'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP/HPAI) mis en place au Vietnam (2007–2011)

Titre du projet (acronyme) Mise en œuvre / bailleur de fonds	Période	Objectifs	Références
Plan national de surveillance (DAH) DAH/MARD	2005–2011	Détection des foyers d'IAHP H5N1 (report des cas) Suivi de la vaccination contre IAHP H5N1	Do, 2010 ; FAO Vietnam, 2010 ; Le, 2010 ; MARD et DAH, 2011 ; MARD et DAH, 2007 ; MARD et MOH, 2006 ; MARD, 2008 ; Taylor, 2007 ; Nguyen, 2011 ; Sims et Do, 2009 ; Van, 2010 ; Van, 2011 ; Van, 2009
<i>Gathering evidence for a transitional strategy for HPAI H5N1 vaccination in Vietnam</i> (GETS) DAH-FAO/USAID	2008–2011	Détection virale Suivi de la vaccination	Carrique-Mas, 2011 ; USAID-GETS, 2010
<i>Vietnam avian and human influenza control and preparedness project</i> (Vahip) MARD/MOH / Banque mondiale	2007–2010	Mesure de prévalence Détection virale Suivi de la vaccination Identification des facteurs de risques	Le, 2010 ; Vahip, 2011
<i>Strengthening the control and prevention of HPAI and enhancing public awareness</i> (602) DAH-FAO / Japan Trust Fund	2006–2008	Renforcement des capacités	Desvaux, 2008 ; Ectad, 2010 ; FAO Vietnam, 2010 ; FAO, 2007
<i>Immediate technical assistance to strengthen emergency preparedness for HPAI in Viet Nam</i> (604) DAH-FAO/USAID	2009–2011	Renforcement des capacités Efficacité de la vaccination Mesure de prévalence	ECTAD, 2010 ; FAO Vietnam, 2010 ; FAO, 2007
Ecologie et épidémiologie de la maladie de Newcastle et de l'influenza aviaire (Gripavi) Cirad/MAE	2007–2011	Facteurs de risques Mesure de prévalence Détection virale Efficacité de la vaccination	Desvaux, 2011 ; Figuié et Desvaux, 2010
<i>Study of the effectiveness of AI control and preventive measures in the Asian partnership countries</i> (Canadian Project) NIVR/IDRC	2009–2011	Efficacité de la vaccination	Sims et Do, 2009
<i>Capacity building to prevent and control avian influenza in the greater mekong subregion initiative</i> (AI Mekong Initiative) Abt Associates / USAID	2006–2009	Renforcement des capacités	Entretiens
Renforcement de la capacité des vétérinaires publics et des paravétérinaires privés dans la prévention et le contrôle de l'influenza aviaire VSF-Cicda/USAID/FAO	2006–2007	Renforcement des capacités	Entretiens
<i>Epidemiology, pathogenesis and control of HPAI in ducks in Indonesia and Vietnam</i> (Aciar) Aciard/AusAID	2006–2010	Facteurs de risque Mesure de prévalence Détection virale	Henning et al., 2010
<i>Development of epidemiological skills and technical information to support the management and control of HPAI in Viet Nam</i> (New Zealand Project) Massey University / New Zealand Aid Program	2007–2011	Facteurs de risque Mesure de prévalence Efficacité vaccination	Nguyen et al., 2011
<i>Study on seroprevalence of influenza in swine</i> (Oucru) Oucru/Oucru	2009	Mesure de prévalence de l'influenza aviaire chez le porc	Bryant, 2011

Aciar : Australian Centre for International Agricultural Research ; AusAid : Australian Government Overseas Aid Program ; Cirad : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement ; DAH : Department of Animal Health, Vietnam ; Ectad : Emergency Center for Transboundary Animal Diseases ; FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture ; Cicda : Agronomes et vétérinaires sans frontières ; IDRC : International Development Research Center Canada ; MAE : ministère des Affaires étrangères et européennes, France ; MARD : ministère de l'Agriculture, Vietnam ; MOH : ministère de la Santé, Vietnam ; NIVR : National Institute for Veterinary Research ; VSF : Vétérinaires sans frontières ; Oucru : Oxford University Clinical Research Unit ; USAID : Agence de développement international des Etats-Unis

a mis en avant de grandes disparités en termes de coût par point selon les projets (variant de 6 à 143, avec un coût par point médian de 50). Les projets de développement ou de recherche se sont distingués dans le niveau de restitution des résultats (très bon pour les premiers, moyen ou limité pour les seconds) (tableau III). Les activités de surveillance active mises en place dans le cadre de projets de développement ont eu un impact plus important sur le développement des stratégies de surveillance par le gouvernement. Il est intéressant de souligner que cette étude n'a pas mis en avant de corrélation entre les montants des financements alloués aux activités de surveillance et les résultats obtenus (des études peu coûteuses produisent des résultats aussi bons que des activités très coûteuses).

Tableau III

Analyse coût par point des différents projets de surveillance de l'influenza aviaire hautement pathogène au Vietnam (2007–2011)

Code projet	Nb. objectifs	Couv. géogr. (nb. prov/obj.) ¹	Niv. restit. (nb. points) ²	Coût/point (USD)
A	2	5 ; 5	Très bon (3)	62 000
B	4	11 ; 11 ; 6 ; 11	Très bon (3)	6 000
C	1	4	Très bon (3)	143 000
D	3	12 ; 22 ; 8	Très bon (3)	22 000
E	4	3 ; 3 ; 3 ; 3	Limité (1)	12 000
F	3	3 ; 3 ; 3	Limité (1)	50 000
G	3	2 ; 2 ; 2	Moyen (2)	56 000

¹ Couverture géographique (nombre de provinces par objectif) ; ² Niveau de restitution (nombre de points)

■ DISCUSSION

Les différents dispositifs de surveillance et de recherche de l'influenza aviaire au Vietnam étaient dans l'ensemble complémentaires et également répartis sur le pays. Les dispositifs de surveillance passive et de renforcement de ce système passif ont concerné en général l'ensemble du pays, avec un point focal sur les zones à haut risque ; la plupart des dispositifs de surveillance active et de recherche étaient concentrés dans les zones de foyers épidémiques, au nord dans le delta du fleuve Rouge, au centre du pays et au sud dans le delta du Mékong.

Le choix des zones d'intervention des projets de surveillance active des bailleurs de fonds ou des agences internationales s'est fait de manière coordonnée, en concertation avec le gouvernement vietnamien (DAH), en fonction des projets précédents et en veillant à ne pas opérer dans les mêmes provinces. Cela est confirmé par le fait que peu d'activités de surveillance active ont été mises en œuvre dans les mêmes provinces et que les activités de surveillance mises en place dans une même province par différents projets (de développement ou de recherche) se différencient toujours soit par l'espèce suivie, soit par le type de suivi (suivi sérologique, suivi virologique, élevages sentinelles), soit par le lieu de suivi (marché, abattoir, élevage), soit par l'année de réalisation des activités de suivi. Ainsi, quand les projets de développement ou de recherche interviennent dans une même province, l'activité de surveillance active est toujours différente ou complémentaire.

L'analyse coût par point met en évidence l'efficacité d'une stratégie de surveillance basée sur le risque. En effet, les projets ciblant soit des zones précises soit des types de production ou des espèces

spécifiques obtiennent un coût par point plus faible. Or, dans un environnement à ressources financières limitées comme le Vietnam, l'efficacité des activités de surveillance constitue un élément critique de leur pérennité. Les principaux biais de cette étude coût par point résident dans le manque de précision des données qui résulte d'un accès limité à des informations sensibles sur les données financières des projets et à des données non publiées. Cette analyse met en évidence le coût élevé des activités de renforcement des capacités. Cependant, ces activités représentent un investissement à long terme et leur coût devrait être amorti en conséquence. Il est intéressant de noter que la mise en place d'études transversales (prévalence, détection virale ou suivi/efficacité de la vaccination) dans le cadre d'activités de surveillance active et/ou de projet de recherche augmente de manière significative la rentabilité des projets (en termes de coût par point). Les activités de suivi d'élevages sentinelles ont l'effet inverse et augmentent significativement le coût par point des projets.

Ce résultat confirme les informations obtenues par les personnes ressources sur le coût élevé de mise en œuvre de ce type d'activité. Une distribution géographique importante des activités des projets augmente leur rentabilité, ceci étant très probablement lié au partage des coûts fixes associés à la gestion et à la mise en œuvre du projet. Cependant cela n'est valable qu'à importance égale des objectifs affichés dans le projet car l'importance relative des objectifs n'a pas été prise en compte dans la méthode coût par point utilisée ici. L'impact plus important des projets de développement sur la définition des stratégies de surveillance nationales est en grande partie dû aux délais plus longs de restitution des résultats dans le cadre des projets de recherche (communication officielle des résultats limitée avant leur publication dans des journaux scientifiques). De plus, les résultats de ces projets ne sont pas systématiquement retranscrits en recommandations officielles aux autorités sanitaires.

Le lien entre les différents projets s'est fait occasionnellement lors d'ateliers de présentation des résultats de chaque projet et de réflexion sur les politiques à mettre en œuvre dans le futur, organisés par le DAH en collaboration avec la FAO. Ce partage d'information a probablement contribué à une certaine harmonisation des actions entre les différents bailleurs. Le gouvernement, par le biais du DAH, est globalement impliqué dans la mise en place de toutes les activités de surveillance active. C'est surtout le cas pour tous les projets de développement qui ont été décidés, préparés, mis en œuvre avec les équipes du DAH, soit au niveau national, soit au niveau des provinces ou des districts. Tous les projets de recherche sont mis en œuvre par les services vétérinaires locaux (à l'échelle de la province) et organisent des restitutions régulières des résultats avec les services nationaux (rapports réguliers, organisation d'ateliers réguliers).

La diffusion des résultats au DAH et l'établissement de recommandations pour les activités à mettre en œuvre dans le futur concernent principalement les projets de développement et ne sont pas toujours accessibles publiquement. Par contre, les résultats des projets de recherche ne sont que peu pris en compte dans la définition des politiques gouvernementales, soit parce que ces résultats sont trop techniques, soit parce qu'ils ne sont pas diffusés assez rapidement (attente de la publication dans des journaux scientifiques), soit parce que le DAH (au niveau national) n'est pas impliqué directement dans la mise en œuvre du projet.

Un des points importants à souligner est le manque de données d'évaluation ou d'impact des projets de surveillance, soit parce que ces données ne sont pas disponibles (seuls trois des onze projets identifiés avaient été évalués au moment de l'étude), soit parce qu'elles ne sont pas diffusées. Ainsi, les nouvelles politiques gouvernementales sont décidées sans que les précédentes aient

été évaluées ou analysées. Selon les personnes ressources rencontrées, les difficultés pour la mise en place des différentes activités de surveillance active sont principalement : le coût des tests qui a fortement augmenté en 2010 ; le transport des échantillons et des prélèvements vers les laboratoires d'analyse ; le niveau de technicité de certains laboratoires effectuant les analyses ; la rapidité des analyses (notamment en termes de caractérisation de nouvelles souches de virus) ; l'implication des éleveurs dans les activités de surveillance, soit parce qu'ils ne comprennent pas bien le projet, soit parce qu'ils ont du mal à respecter les modalités du projet (remplacement d'un canard mort dans un élevage sentinelle, par exemple) ; la traçabilité des résultats, notamment dans le cas de prélèvements effectués sur les marchés ; l'implication plus ou moins suivie des autorités provinciales dans le projet. Il a également été fait état d'un manque d'implication du secteur privé (grands élevages de volailles, grosses fermes privées) dans les activités de surveillance active de la grippe aviaire au Vietnam.

L'une des questions fondamentales relève du coût élevé de la surveillance active et du financement de ces activités de surveillance, dans un contexte où les financements externes arrivent à leur fin et où les financements des bailleurs de fonds internationaux seront de plus en plus limités du fait de la crise économique mondiale. La plupart des projets de développement sont à la fin de leur financement. Tous les projets de recherche sont arrivés également à leur terme fin 2011.

La mise en place de dispositifs de surveillance active est cependant indispensable et prônée par l'ensemble des personnes ressources que nous avons rencontrées. Le gouvernement vietnamien prévoit dans le cadre de son nouveau plan de lutte contre l'influenza aviaire (2011–2015) des activités de surveillance de la circulation du virus dans les marchés de volailles vivantes dans 40 provinces du pays. Ce plan prévoit uniquement le financement de 40 % de son budget global par le gouvernement vietnamien, les 60 % restant devant être assurés par des financements extérieurs.

Les différents entretiens menés avec les personnes ressources impliquées dans la surveillance de l'influenza aviaire au Vietnam ont fait apparaître le constat global d'un dysfonctionnement du système de surveillance national, du fait d'une sous-notification des suspicions de maladie par les éleveurs. En effet, les éleveurs préfèrent gérer la situation eux-mêmes, les compensations accordées par le gouvernement étant trop faibles par rapport au préjudice subi (par exemple abattage du lot, blocage momentané des échanges commerciaux de volailles dans le district ou la province) et les formalités administratives étant trop longues et compliquées (Delabougli et al., 2015). Les actions du DAH et des projets de développement tentent de pallier ce dysfonctionnement en mettant en place des activités d'incitation à la déclaration de rumeurs de maladie au niveau des communes mais les résultats ne sont pas probants pour le moment. Cela peut s'expliquer par le fait que les actions correctives ne découlent pas directement d'une évaluation objective des contraintes liées à la sous-notification des cas et ne sont peut-être pas appropriées à la situation socio-économique des acteurs impliqués dans la surveillance. En effet, le phénomène de sous-notification ne se limite pas au fait de l'éleveur mais peut être observé à différents niveaux du réseau de surveillance. Dans ce contexte, les données générées par les activités de surveillance active ou par les études dans le cadre de projets de recherche et/ou de développement deviennent dès lors indispensables pour évaluer la situation sanitaire et l'efficacité des mesures de contrôle, à condition que les données générées par ces activités soient complémentaires et intégrées dans un processus continu d'évaluation de la situation sanitaire.

■ CONCLUSION

L'état des lieux de la surveillance de l'influenza aviaire au Vietnam nous a permis de différencier le système de surveillance national (surveillance passive), les activités mises en œuvre dans le cadre des programmes de renforcement du système de surveillance passive (projets de développement) et les études épidémiologiques mises en œuvre dans le cadre de divers projets. Ces trois types d'activités sont dans l'ensemble complémentaires et également répartis sur le pays. Les projets de développement ont davantage diffusé leurs résultats au DAH et établi des recommandations pour les activités de surveillance que les projets de recherche. En effet, pour les projets de recherche, les résultats étant trop techniques, la diffusion est souvent tardive et le gouvernement est souvent moins bien impliqué dans le projet. L'insuffisance des données d'évaluation ou d'impact des projets de surveillance induit que, bien souvent, les nouvelles politiques gouvernementales sont décidées sans analyse ou évaluation des actions antérieures.

La mise en place de dispositifs de surveillance active en complément de la surveillance passive reste importante mais relativement coûteuse. Les enjeux à venir relèvent de la prise en charge par le gouvernement des activités de surveillance active afin d'en assurer la pérennisation. Dans ce contexte, la mise en place d'activités de surveillance efficaces (par exemple la surveillance basée sur le risque) devient primordiale. Dans ce cadre, l'évaluation économique des activités de surveillance active va devenir un élément indispensable et déterminant dans la gestion du risque de l'influenza aviaire au Vietnam.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme de recherche Revasia Socio-Eco (Recherche pour l'évaluation économique de la surveillance de l'influenza aviaire en Asie du Sud-Est), financé par l'Agence française de développement. Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes ressources interrogées dans le cadre de l'étude pour leur collaboration et plus particulièrement le docteur Van Dang Ky (DAH, Vietnam) ainsi que l'équipe FAO-Ectad Vietnam.

REFERENCES

- Bryant J., 2011. Evolution of clade 1 A/H5N1 in Southern Vietnam. DAH / FAO Information Sharing Meeting, Hanoi, Vietnam, 1-2 June 2011
- Carrique-Mas J., 2011. Introduction to GETS: Gathering Evidence for a Transitional Strategy for HPAI H5N1 vaccination in Vietnam. National Workshop Animal Diseases, Ho Chi Minh City, Vietnam, 20-22 Jan. 2011
- Delabougli A., Antoine-Moussiaux N., Phan T.D., Dao D.C., Nguyen T.T., Truong D.B., Nguyen X.N.T., Vu D.T., Nguyen V.K., Le T.H., Salem G., Peyre M., 2015. The perceived value of passive animal health surveillance: the case of highly pathogenic avian influenza in Vietnam. *Zoonosis Public Health*, **63**: 112-128, doi: 10.1111/zph.12212
- Desvaux S., 2008. Final technical report, OSRO/RAS/602/JPN, Surveillance model for avian influenza in four pilot provinces in Vietnam. Cirad FAO/JTF, Hanoi, Vietnam, 80 p.
- Desvaux S., 2011. Gripavi project in Vietnam: results and perspectives. Cirad, Gripavi Project Restitution Workshop, Hanoi, Vietnam, 23 Sept. 2011
- Do H.D., 2010. Vietnam HPAI surveillance systems. Department of Animal Health, Hanoi, Vietnam
- Drummond M., O'Brien B., Stoddart G.G.W.T., 1998. Methods for the economic evaluation of health care programmes. Oxford Medical Publications, London, UK, 305 p.
- ECTAD, 2010. FAO regional strategy for highly pathogenic avian influenza and other emerging infectious diseases of animals in Asia and the Pacific 2010–2015. ECTAD, Regional Office for Asia and the Pacific, FAO, Bangkok, Thailand, 44 p.

- FAO, 2007. HPAI control and eradication in Viet Nam. FAO's country strategy and work plan for 2007–2010. FAO, Hanoi, Vietnam, 35 p.
- FAO Vietnam, 2010. The fight against highly pathogenic avian influenza and other emerging infectious disease. ECTAD, FAO, Hanoi, Vietnam 30 p.
- Figuié M., Desvaux S., 2010. Les éleveurs dans la gestion des menaces sanitaires globales. Colloq. Agir en situation d'incertitude, Montpellier, France, 22-24 nov. 2010
- Henning J., Henning K.A., Morton J.M., Ngo T. L., Nguyen T.H., Le T.V., Pham P.V., Dong M.H., Meers J., 2010. Highly pathogenic avian influenza (H5N1) in ducks and in-contact chickens in backyard and smallholder commercial duck farms in Viet Nam. *Prev. Vet. Med.*, **101** (3-4): 229-240
- Le M.T., 2010. VAHIP, rapport de surveillance de la grippe aviaire 2009/2010. MARD, Hanoi, Vietnam, 19 p.
- MARD, 2008. Project to use vaccines to control and eliminate highly pathogenic avian influenza (phase III: 2009–2010). MARD, Hanoi, Vietnam, 22 p.
- MARD, DAH, 2007. Guidelines on surveillance of post-vaccination for poultry in 2007. MARD/DAH, Hanoi, Vietnam, 10 p.
- MARD, DAH, 2011. Guides de surveillance de la grippe aviaire en 2011-2012. MARD / DAH, Hanoi, Vietnam, 16 p.
- MARD, MOH, 2006. Vietnam - Integrated national operational program for avian and human influenza (OPI) 2006–2010. MARD/MOH, Hanoi, Vietnam, 58 p.
- Nguyen N.T., 2011. Avian influenza in Vietnam. Current situation and government policy. DAH/FAO Information Sharing Meeting, Hanoi, Vietnam, 1-2 June 2011
- Nguyen V.L., Schauer B., Stevenson M., Ngo T.L., Tran D.Q., Tien N.T., Nguyen T.D., Prattley D., Morris R., 2011. A longitudinal study of the circulation of HP and LP AI viruses in flocks of field running ducks and in-contact species in the Mekong River delta. DAH/FAO Information Sharing Meeting, Hanoi, Vietnam, 1-2 June 2011
- Sims L., Do H.D., 2009. Vaccination of poultry in Vietnam against H5N1 highly pathogenic avian influenza. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Canberra, Australia, 50 p.
- Taylor N., 2007. An assessment of post-vaccination sero-monitoring and surveillance activities, and the data generated, following HPAI vaccination in Viet Nam (2005–2006). Technical report OSRO/RAS/604/USA (VIE) Epi Project Viet Nam. PAN Livestock Services, Veterinary Epidemiology and Economics Research Unit University, Reading, UK, 48 p.
- USAID-GETS, 2010. Gathering evidence for a transitional strategy (GETS) for HPAI H5N1 vaccination in Viet Nam. USAID-GETS brochure, Hanoi, Vietnam, 2 p.
- VAHIP, 2011. Evidence for limited disease but widespread infection. DAH/FAO Information Sharing Meeting, Hanoi, Vietnam, 1-2 June 2011
- Van D.K., 2009. Avian influenza situation and surveillance activities in Vietnam in 2008. Department of Animal Health, Hanoi, Vietnam, 13-14 May 2009
- Van D.K., 2010. Research on avian influenza in Vietnam. H5N1/HPAI in Vietnam before and after the introduction of AI vaccination programme. Department of Animal Health, Hanoi, Vietnam
- Van D.K., 2011. Proposition relative à la gestion de la santé animale chez les animaux sauvages. Department of Animal Health, Ninh Binh, Vietnam
- Wantanee Kalpravidh, 2011. Animal health surveillance in Asia: issues, gaps and needs. Emergency Centre for Transboundary Animal Disease, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand

Summary

Duteurtre V., Delabouglise A., Goutard F., Nguyen V.K., Duteurtre G., Roger F., Peyre M. Avian influenza in Vietnam: Current status and complementary of surveillance protocols and epidemiological studies (2007–2011)

Since 2003, H5N1 highly pathogenic avian influenza (HPAI) epidemic has been emphasizing the need for effective animal health surveillance systems to prevent an influenza pandemic. In some countries *ad hoc* surveillance initiatives funded by international donors have been implemented but without an appropriate link with the situation in the field and with the public institutions responsible for health monitoring. On the other hand other projects have strengthened the structures already in place. The aim of this study was to make an inventory of HPAI surveillance activities in poultry in Vietnam to assess the complementarity of national systems (funded by the Vietnamese Government) and programs implemented by international donors. Results showed that the various surveillance setups, epidemiological studies and research projects have been generally complementary and covered the country homogeneously. However, the new government policies have been mostly redefined without assessing previous activities because of insufficient data to assess the implemented projects, including their impacts. There was also a malfunction of the passive surveillance systems as there was limited information feedback to field actors. It is therefore essential to set up effective surveillance activities combined with passive surveillance to manage HPAI risk in Vietnam.

Keywords: poultry, disease surveillance, avian influenza, Viet Nam

Resumen

Duteurtre V., Delabouglise A., Goutard F., Nguyen V.K., Duteurtre G., Roger F., Peyre M. Gripe aviar en Vietnam: Situación actual y complemento de protocolos de vigilancia y estudios epidemiológicos (2007–2011)

Desde 2003, la epidemia del virus altamente patógeno H5N1 de la gripe aviar (HPAI) ha subrayado la necesidad de sistemas de vigilancia de salud animal para una prevención eficaz contra una pandemia de gripe. En algunos países se han implementado iniciativas *ad hoc* de vigilancia, financiados por donantes internacionales, pero sin un vínculo adecuado con la situación en el terreno o con las instituciones públicas responsables de la vigilancia de la salud. Por otro lado, otros proyectos han fortalecido las estructuras ya existentes. El objetivo de este estudio fue hacer un inventario de las actividades de vigilancia de la HPAI en aves de corral en Vietnam, para evaluar la complementariedad de los sistemas nacionales (financiados por el Gobierno de Vietnam) y programas implementados por donantes internacionales. Los resultados mostraron que las diversas configuraciones de vigilancia, de estudios epidemiológicos y de proyectos de investigación han sido en general complementarias y han cubierto homogéneamente el país. Sin embargo, la mayoría de las nuevas políticas del gobierno se han redefinido sin evaluar las actividades anteriores, debido a datos insuficientes para evaluar los proyectos ejecutados, incluyendo sus impactos. Hubo también un mal funcionamiento de los sistemas de vigilancia pasiva, debido a poco retorno de información a los participantes de campo. Por tanto, es esencial establecer actividades de vigilancia eficaces y en acuerdo con la vigilancia pasiva, con el fin de controlar el riesgo de HPAI en Vietnam.

Palabras clave: ave de corral, vigilancia de enfermedades, influenza aviar, Vietnam

Effet immunostimulant de quatre additifs alimentaires contre les maladies de Gumboro et de Newcastle chez le poulet de chair (*Gallus gallus*)

Embarek Azeroual^{1,2*} Abdelhalem Mesfioui¹
Khalid Bouzoubaa³ Bouchra Benazzouz¹
Aboubaker El Hessni¹ Ali Ouichou¹

Mots-clés

Poulet de chair, maladie de Gumboro, maladie de Newcastle, vaccination, additif, immunostimulant, Maroc

Accepted: 18 December 2015;
Published: 9 May 2016

Résumé

Le renforcement du système immunitaire chez les espèces aviaires vulnérables est devenu une approche fortement recherchée pour les protéger contre les infections, surtout d'origine virale. La présente étude a eu pour objectif d'évaluer l'impact de quatre additifs alimentaires sur la modulation du système immunitaire, suite à des prises vaccinales contre la maladie de Gumboro [*infectious bursal disease* (IBD)] et de Newcastle [Newcastle disease (ND)] chez le poulet de chair (*Gallus gallus*). Le suivi expérimental a été fait sur 500 poussins d'un jour de type chair et de souche Ross, également répartis en cinq groupes (quatre traitements et un témoin). Les produits de traitements ont été à base d'antibiotiques, de phytobiotiques (cannelle et gingembre) et de probiotique (levure *Saccharomyces cerevisiae*), administrés par voie buccale et par l'eau de boisson. Les traitements ont été effectués en trois périodes d'âges différents : au jour (J) J6–J9, J21–J23 et J33–J35. Les doses *primo* vaccinales ont été administrées simultanément au J7, et les rappels aux J14 et J21 respectivement contre IBD et ND. Des échantillons sériques ont été prélevés chez cinq poulets de chaque parquet aux J18 et J31. Les titres d'anticorps ont été analysés par le test Elisa pour le virus de l'IBD et par le test d'inhibition de l'hémagglutination pour le virus de la ND. Les résultats obtenus ont révélé qu'aucun effet immunostimulant vis-à-vis des titres d'anticorps contre le virus d'IBD n'était induit par l'ajout d'un des quatre adjuvants testés ($p > 0,05$). En revanche pour la ND, un effet immunostimulant a été observé, plus particulièrement chez les groupes traités au gingembre ou à la levure. Cette différence n'a cependant pas été significative par rapport au témoin ($p > 0,05$).

■ Comment citer cet article : Azeroual E., Mesfioui A., Bouzoubaa K., Benazzouz B., El Hessni A., Ouichou A., 2015 Immunostimulatory effect of four food additives in broiler chickens (*Gallus gallus*) against Gumboro and Newcastle diseases [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **68** (4): 185-189

■ INTRODUCTION

L'analyse des pathologies aviaires diagnostiquées au Maroc a montré la prédominance des pathologies d'origine infectieuses chez toutes les espèces de production, particulièrement chez la poule pondeuse (86 %), la poule reproductrice (85 %) et le poulet de chair (69 %). Chez ce dernier, les pathologies virales, en l'occurrence la maladie

de Gumboro appelée aussi bursite infectieuse [*infectious bursal disease* (IBD)] et la maladie de Newcastle [Newcastle disease (ND)], dénommée également pseudo-peste aviaire, détiennent respectivement la deuxième (8 %) et la troisième place (6 %), après la colibacillose (Mouahid et Bouzoubaa, 2001). De même, ces pathologies se placent en tête des maladies aviaires les plus contagieuses et dévastatrices et ont un impact socio-économique extrêmement important au niveau international (van der Berg et al., 2000 ; van der Sluis, 1999 ; OIE, 2012). Les épidémies surviennent surtout chez les poulets non vaccinés causant 100 % de morbidité et 25 % de mortalité (Shabbir et al., 2008). Cependant, ces maladies surviennent même dans les troupeaux vaccinés en raison de la défaillance d'interventions et de vaccins immunitaires inappropriés (Qayyum et al., 2012).

Ainsi, le renforcement du système immunitaire chez ces espèces génétiquement fragilisées est devenu une pratique indispensable pour

1. Université IbnTofail, Faculté des sciences, Laboratoire de génétique-neuroendocrinologie et biotechnologie, BP 133, Kénitra 14000, Maroc.

2. Institut royal des techniciens spécialisés en élevage de Fouarat, Kénitra, Maroc.

3. Centre de diagnostic d'aviculture, Témara, Maroc.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +212 665 798 494 ; email : em.azeroual@hotmail.com



combattre ces infections. Deux façons d'agir sont à distinguer : par l'immunisation au moyen de la vaccination qui renforce l'immunité spécifique, d'une part (Arshad et al., 2005 ; Rauw et al., 2009), et par l'immunostimulation non spécifique qui renforce l'immunité non spécifique, d'autre part (Herich et Levkut, 2002 ; Yin et al., 2007). Dans ce dernier cas, des suppléments à base d'extraits microbiens, de plantes, de champignons ou des substances d'origine animale ont été expérimentés chez les animaux de compagnie (Chabanne, 2006 ; Desenclos, 2012), les ruminants (Wang et al., 2009 ; Yang et al., 2007), les poissons (Gabor et al., 2012 ; Nya et Austin, 2009) et les volailles (Bouzoubaa et Krull, 2008 ; Awaad et al., 2010 ; Ajakaiye et al., 2010). Cette pratique serait d'autant plus intéressante au niveau de la production de volailles de chair, chez qui les cycles de production courts ne permettent pas l'acquisition d'une immunité active et efficace (Rauw et al., 2009). Ainsi, l'objectif de notre étude a été d'évaluer l'effet de quatre additifs alimentaires, à base d'antibiotiques, de phytobiotiques ou de probiotiques, sur la réponse humorale, conjointement aux prises vaccinales, contre les maladies de Gumboro et de Newcastle chez le poulet de chair (*Gallus gallus*).

MATERIEL ET METHODES

Lieu et période de l'étude

L'étude a été menée au sein de la station avicole pédagogique de l'Institut royal des techniciens spécialisés en élevage de Fouarat à Kénitra, région de Rabat au Maroc. La période du suivi expérimental a été de 35 jours.

Animaux et conditions d'élevage

Cinq cent poussins de type chair et de souche Ross (espèce *Gallus gallus*, ordre des galliformes, familles des phasianidés) ont été obtenus auprès d'une écloserie industrielle de la société Reda d'Aviculture à Azrou, province d'Ifrane, région de Fès. Ils ont été élevés dans un bâtiment clair à toiture bipente et à ventilation statique bilatérale, sous un programme lumineux continu.

Aliment

L'aliment servi aux poussins a été acquis auprès de Reda d'Aviculture. Les cinq groupes d'animaux ont reçu le même régime alimentaire constitué de trois types d'aliment dont la composition nutritionnelle indiquée par le fabricant est précisée dans le tableau I. Les aliments et l'eau ont été distribués *ad libitum*.

Produits de traitement

Les produits de traitement étaient composés d'antibiotiques, de phytobiotiques (cannelle, gingembre) et de probiotique (levure *Saccharomyces cerevisiae*). Le choix de ces adjuvants a été fait sur la base de leurs propriétés biologiques et fonctionnelles. Hormis leurs limites (par exemple résidus, antibiorésistance, toxicité), les antibiotiques sont utilisés chez les animaux de rente pour des fins thérapeutique, métaphylactique, prophylactique ou comme promoteur de croissance (Rosengren et al., 2009). Pour le gingembre, la cannelle et la levure, leur recrutement est fondé sur leurs propriétés biologiques, particulièrement leur potentiel immunomodulateur conféré par leurs métabolites secondaires (Ataoglu et al., 2000 ; Baker, 2008 ; O'Sullivan et al., 2005). En outre, ces suppléments sont à base de substances bioactives (condiment, levain), ce qui leur procure la propriété d'innocuité aussi bien pour les humains que pour les animaux.

Dispositif expérimental

Les 500 animaux ont été répartis aléatoirement en cinq groupes de 100 poussins chacun : un groupe témoin et quatre autres sous

traitement à base d'adjuvants. Les bouillies utilisées à base de racines de gingembre et d'écorces de cannelle ont été préparées par décoction après ébullition, respectivement de 20 min et de 3 min. Ces additifs ont été administrés par voie buccale et par l'eau de boisson à trois périodes d'âges différents : au jour (J) J6-J9, J21-J23 et J33-J35. Le tableau II montre les doses appliquées pour chacun des additifs. L'ensemble des cinq groupes d'animaux a été vacciné à travers l'eau de boisson selon un programme prophylactique (tableau III).

Tableau I

Composition nutritionnelle des aliments commerciaux indiquée par le fabricant (Maroc)

Constituant de l'aliment	Aliment prédémarrage	Aliment démarrage	Aliment croissance
Energie (kcal EM */kg)	2900	2900	2950
Protéines brutes (%)	21,0	19,5	18,0
Méthionine (%)	0,42	0,42	0,36
Matière grasse (%)	2,0	2,0	2,5
Matière minérale (%)	6,0	6,0	6,0
Cellulose brute (%)	5,0	5,0	6,0
Calcium (%)	1,0	1,0	0,95
Phosphore (%)	0,6	0,7	0,65

* Energie métabolisable

Tableau II

Nature et doses des additifs alimentaires (Maroc)

Traitement	Nature	Dose
Antibiotique	Colistine	0,3 ml/kg PV *
Antibiotique	Sulfadiazine + triméthoprim	1 g/L
Cannelle	Décoction	200 g/kg PV
Gingembre	Décoction	120 g/kg PV
Levure	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	12,5 g/L

* Poids vif

Tableau III

Programme de vaccination appliqué (Maroc)

Age (jour)	Valence	Vaccin	
		Dénomination	Type
J1	Bronchite infectieuse	Cevac BRON 120 L	Vivant lyophilisé type Massachusetts
J7	Gumboro + Newcastle	Hipragumboro CW HB1	Vivant souche CH/80 Vivant atténué
J14	Gumboro (rappel)	Hipragumboro GM97	Vivant souche GM/97
J21	Newcastle (rappel)	HB1	Vivant atténué

Sérologie

Des échantillons sanguins ont été prélevés chez cinq poulets choisis au hasard dans chaque groupe. Les prélèvements ont été effectués aux J18 et J31. Les échantillons ont ensuite été séparés et conservés à 20 °C jusqu'à leur exploration. Les titres d'anticorps contre le virus de l'IBD ont été détectés par *enzyme-linked immunosorbent assay* (Elisa) (Goldsby et al., 2003). La réponse immunitaire induite par la vaccination contre le virus de la ND a été évaluée par le titre en anticorps selon l'épreuve de l'inhibition de l'hémagglutination (IHA). Cette dernière reste le test de référence pour la détection des anticorps contre cette pathologie, alors que la méthode immunoenzymatique Elisa est utilisée surtout à des fins diagnostiques (Shabbir et al., 2008).

Analyses statistiques

La variabilité des titres d'anticorps a été étudiée par une analyse de variance à deux facteurs : le traitement (antibiotiques, cannelle, gingembre, levure) et le temps après prise vaccinale. Les titres d'anticorps IHA contre le virus de la maladie de Newcastle ont été statistiquement convertis en titres moyens géométriques pour chaque groupe (Banda et al., 2008). Les données de tous les groupes ont été comparées par une analyse de variance avec le logiciel SAS. La comparaison multiple des moyennes ainsi que leur classement ont été réalisés avec le test de Duncan chaque fois que l'analyse de variance a révélé des différences significatives (Dagnelie, 1975 ; Duncan, 1955).

■ RESULTATS

Les titres arithmétiques moyens en anticorps Elisa sont présentés sur la figure 1. D'après ces résultats, au J18, les taux d'anticorps ont été faibles au niveau des groupes traités sans pour autant marquer de différence significative comparativement au groupe témoin ($p > 0,05$). A l'inverse, au J31 les titres ont nettement augmenté, particulièrement pour le groupe témoin, alors que la valeur la plus faible a été observée chez le groupe traité à la levure ; toutefois, la différence n'était pas significative ($p > 0,05$). A ce niveau, il est probable que pour l'IBD les traitements ont induit un effet immunosuppresseur, notamment de la levure. Concernant, les titres d'anticorps IHA, les résultats sérologiques obtenus sont illustrés sur la figure 2. Au J18, les titres ont été en général relativement

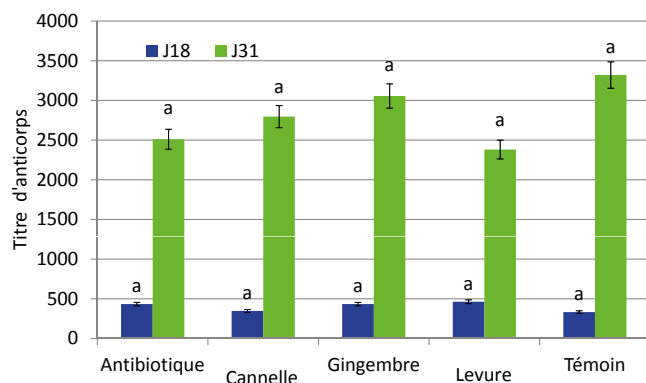


Figure 1 : résultats sérologiques au jour (J)18 et J31 des titres arithmétiques moyens en anticorps contre le virus de la maladie de Gumboro (infectious bursal disease) par le test Elisa chez le poulet de chair de souche Ross traité par les antibiotiques, la cannelle, le gingembre et la levure, au Maroc. Les histogrammes portant la même lettre pour la même période de prélèvement (J18 ou J31) ne montrent pas de différence significative ($p > 0,05$).

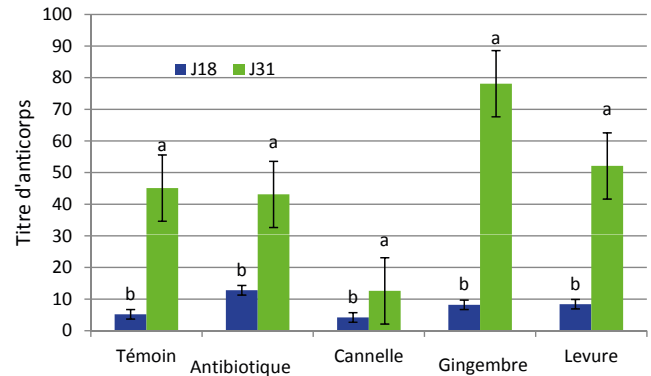


Figure 2 : résultats sérologiques au jour (J)18 et J31 des titres géométriques moyens inhibant l'hémagglutination contre le virus de la maladie de Newcastle chez le poulet de chair de souche Ross traité par les antibiotiques, la cannelle, le gingembre et la levure, au Maroc. Les histogrammes portant la même lettre pour la même période de prélèvement (J18 ou J31) ne montrent pas de différence significative ($p > 0,001$).

faibles, marquant une supériorité des groupes d'antibiotiques, de levure et du gingembre ; mais cette différence n'était pas significative ($p > 0,05$). A J31, comme pour l'IBD, la cinétique des titres a connu une forte augmentation en faveur des groupes du gingembre et de la levure ; toutefois, cette différence n'était pas significative ($p > 0,05$). En effet, si les résultats n'étaient pas statistiquement significatifs, cela était probablement dû au nombre réduit de l'échantillon d'animaux recrutés par groupe (cinq/groupe), mais aussi à la fréquence des tests sérologiques limitée à deux prélèvements (J18 et J31).

■ DISCUSSION

D'après la littérature, plusieurs études ont révélé l'effet immunostimulant de différents suppléments alimentaires tels que le menthol (Bakkali et al., 2008 ; Bouzoubaa et Krull, 2008), le Lisovit (Qayyum et al., 2012), la vitamine E (Boa-Amponsem et al., 2000 ; Leshchinsky et Klasing, 2001), la vitamine A (Lin et al., 2002) et la vitamine C (Wu et al., 2000). Néanmoins, nos résultats montrent qu'aucun des adjuvants testés n'induit d'effet immunomodulateur significatif chez le poulet de chair. Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de cet effet de non-induction, en l'occurrence la forme du produit, le mode d'administration, la dose appliquée, la durée du traitement ainsi que la fréquence des prélèvements sérologiques qui s'avère sans doute très limitée.

Par ailleurs, nous avons observé un effet immunostimulant du gingembre et un effet moindre de la levure pour la ND, et un effet immunosuppresseur faible notamment de la levure pour l'IBD. Des études chez la souris et les poissons ont révélé des propriétés immunostimulantes et anti-inflammatoires du gingembre (Gabor et al., 2012 ; Nya et Austin, 2009 ; Skopinska-Rozewka et al., 2010). Les mêmes études ont montré qu'il y avait une prolifération des neutrophiles et des macrophages, une augmentation des lymphocytes et des phagocytes, et une stimulation du métabolisme oxydatif (lysozyme, bactéricide et antiprotéase) en comparaison avec les contrôles. Quant à la levure, les effets stimulants ou régulateurs des probiotiques, c'est-à-dire des microorganismes vivants sur la réponse immunitaire, ont fait l'objet de plusieurs travaux de recherche (Ashraf et Shah, 2014 ; Coates et McColl, 2001). Ces effets ont été observés sur les cellules immunitaires impliquées dans les mécanismes de défense non spécifique par activation des macrophages (Herich et Levkut, 2002) et sur le

système immunitaire sécrétoire notamment des immunoglobulines A sécrétoires dans la lumière intestinale (Isolauri et al., 2001). En effet, des études aussi bien anciennes que récentes ont montré l'implication des extraits de paroi de levure *S. cerevisiae*, tel que le Zymosan, dans le système immunitaire (Miura et al., 1999). D'autres travaux ont signalé que ce sont en fait les β -glucanes de la paroi qui sont responsables de la stimulation du système immunitaire (Lee et al., 2001), probablement à travers leurs effets sur l'activation des macrophages (Herich et Levkut, 2002 ; Sarazin et al., 2010). En outre, les mannanes de la paroi de levure seraient capables de stimuler le système immunitaire chez le rat (Ataoglu et al., 2000). En effet, ces observations relatives à l'effet potentiel du gingembre mériteraient d'être davantage explorées en testant un nombre de poussins beaucoup plus important et avec une vraie cinétique d'anticorps allant de J0 à J31, et avec une sérologie hebdomadaire voire journalière.

■ CONCLUSION

Les résultats présentés laissent entrevoir le potentiel que pourraient avoir les substances bioactives en tant qu'adjuvants destinés à moduler le pouvoir immunitaire chez le poulet de chair. Même si les résultats ne sont pas statistiquement significatifs, le gingembre et la levure ont montré leur effet immunostimulant contre le virus de la ND. Il serait intéressant de poursuivre la recherche avec une analyse comparative de groupes d'animaux beaucoup plus importants, qui tiendrait compte des variables relatives à la forme, au mode d'administration et à la durée de traitement par ces additifs. En outre, il serait opportun d'établir un suivi cinétique des titres d'anticorps par des prélèvements hebdomadaires voire journaliers, d'étudier la réponse locale, au niveau respiratoires par exemple pour titrer les IgA, ou même au niveau cellulaire par le dosage de quelques cytokines comme l'interféron gamma. Cette étude ouvre la voie de prospection des substances à pouvoir immunomodulateur, permettant de renforcer le système immunitaire, particulièrement chez les souches aviaires vulnérables et génétiquement fragilisées, en l'occurrence celles de type chair.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Institut royal des techniciens spécialisés en élevage de Fouarat Kénitra au Maroc d'avoir accepté la réalisation de l'expérimentation au sein des élevages, ainsi que le Laboratoire d'analyses vétérinaires de Témara, région de Rabat au Maroc, pour avoir effectué les analyses immunologiques.

REFERENCES

Ajakaiye J.J., Perez-Bello A., Mollineda-Trujillo A., 2010. Impact of vitamins C and E dietary supplementation on leukocyte profile of layer hens exposed to high ambient temperature and humidity. *Acta. Vet. Brno*, **79**: 377-383, doi: 10.2754/avb201079030377

Arshad M., Siddique M., Ashraf M., Khan H.A., 2005. Effect of selenium supplementation on antibody titers against infectious bursal disease vaccine in broiler chicks. *Pak. Vet. J.*, **25** (4): 203-204

Ashraf R., Shah N.P., 2014. Immune system stimulation by probiotic microorganisms. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **54** (7): 938-956, doi: 10.1080/10408398.2011.619671

Ataoglu H., Dogan, M.D., Mustafa F., Akarsu E.S., 2000. *Candida albicans* and *Saccharomyces cerevisiae* cell wall mannans produce fever in rats: role of nitric oxide and cytokines. *Life Sci.*, **67**: 2247-2256

Awaad M.H.H., Abdel-Alim G.A., Sayed K.S.S., Kawkab, Ahmed A., Nada A.A., Metwalli A.S.Z., Alkhalaf A.N., 2010. Immunostimulant effects of essential oils of peppermint and eucalyptus in chickens. *Pak. Vet. J.*, **30** (2): 61-66

Baker W.L., 2008. Effect of cinnamon on glucose control and lipid parameters. *Diabetes Care*, **31** (1): 41-43, doi: 10.2337/dc07-1711

Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., 2008. Biological effects of essential oils - A review. *Food Chem. Toxicol.*, **46** (2): 446-475, doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106

Banda A., Villegas P., Purvis L.B., Perozo F., 2008. Protection conferred by coarse spray vaccination against challenge with infectious bursal disease virus in commercial broilers. *Avian Dis.*, **52** (2): 297-301

Boa-Amponsem K., Price S.E.H., Picard M., Geraert P.A., Siegel P.B., 2000. Vitamin E and immune responses of broiler pureline chickens. *Poult. Sci.*, **79** (4): 466-470, doi:10.1093/ps/79.4.466

Bouzoubaa K., Krull W., 2008. Efficacy of essential oil menthol in preventing respiratory signs improving performances in turkeys under field conditions in Morocco. In: Proc. 7th int. symp. Turkey Diseases, Berlin, Germany, 19-21 June 2008, 133-139

Chabanne L., 2006. Immunologie clinique du chien et du chat. Elsevier-Masson, Issy les Moulineaux, France

Coates N.J., McColl S.R., 2001. Production of chemokines *in vivo* in response to microbial stimulation. *J. Immunol.*, **166** (8): 5176-5182, doi: 10.4049/jimmunol.166.8.5176

Dagnelie P., 1975. Théorie et méthodes statistiques - Applications agronomiques. Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique, 463 p.

Desenclos M.-C., 2012. Utilisation des immunostimulants chez le chien et le chat : Synthèse en vue de l'élaboration d'un index thérapeutique. Thèse Doct. Vét., Ecole nationale vétérinaire de Lyon, Université Claude Bernard, Lyon, France

Duncan D.B., 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, **11**: 1-42, doi: 10.2307/3001478

Gabor E.F., Ichim O., Suteu M., 2012. Phyto-additives in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) nutrition. *Biharean Biol.*, **6** (2): 134-139

Goldsby R.A., Kindt T.J., Osborne B.A., Kuby J., 2003. Enzyme-linked immunosorbent assay. In: Immunology, 5th Edn. WH Freeman, New York, USA, p. 148-150

Herich R., Levkut M., 2002. Lactic acid bacteria, probiotics and immune system. *Vet. Med. Czech.*, **47** (6): 169-180

Isolauri E., Sütas Y., Kankaanpää P., Arvilommi H., Salminen S., 2001. Probiotics: effects on immunity. *Am. J. Clin. Nutr.*, **73** (2 suppl.): S444-S450

Lee J.N., Lee D.Y., Ji I.H., Kim G.E., Kim H.N., Sohn J., Kim S., Kim C.W., 2001. Purification of soluble beta-glucan with immune-enhancing activity from the cell wall of yeast. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **65**: 837-841, doi: 10.1271/bbb.65.837

Leshchinsky T.V., Klasing K.C., 2001. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. *Poult. Sci.*, **80** (11): 1590-1599, doi: 10.1093/ps/80.11.1590

Lin H., Wang L.F., Song J.L., Xie Y.M., Yang Q.M., 2002. Effect of dietary supplemental levels of vitamin A on egg production and immune responses of heat stressed laying hens. *Poult. Sci.*, **81** (4): 458-465, doi: 10.1093/ps/81.4.458

Miura T., Ohno N., Miura N.N., Adachi Y., Shimada S., Yadoma T., 1999. Antigen-specific response of murine immune system toward a yeast β -glucan preparation, zymosan. *FEMS Immunol. Medic. Microbiol.*, **24** (2), 131-139, doi: 10.1111/j.1574-695X.1999.tb01274.x

Mouahid M., Bouzoubaâ K., 2001. Dominantes pathologiques dans les élevages avicoles au Maroc. *Animalis*, **1** (1) : 40-43

Nya E.J., Austin B., 2009. Use of dietary ginger, *Zingiber officinale* Roscoe, as immunostimulant to control *Aeromonas hydrophila* infections in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J. Fish Dis.*, **32** (11): 971-977, doi: 10.1111/j.1365-2761.2009.01101.x

OIE, 2012. Newcastle disease. In: OIE Terrestrial manual 2009 - Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals. World Organisation for Animal Health, Paris, France, 576-589

O'Sullivan G.C., Kelly P., O'Halloran S., Collins C., Collins J.K., Dunne C., Shanahan F., 2005. Probiotics: An emerging therapy. *Curr. Pharm. Design*, **11** (1): 3-10, doi: 10.2174/1381612053382368

Qayyum A., Yousaf A., Ahmad T., Rehman Z.U., Farooq U., 2012. Immunomodulatory effects of lisovit® in response to Newcastle disease and infectious bursal disease vaccines in broilers. *J. Anim. Plant Sci.*, **22** (1): 11-14

- Rauw F., Gardin Y., van den Berg T., Lambrecht B., 2009. La vaccination contre la maladie de Newcastle chez le poulet (*Gallus gallus*). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **13** (4): 587-596
- Rosengren L.B., Waldner C.L., Reid-Smith R.J., 2009. Associations between antimicrobial resistance phenotypes, antimicrobial resistance genes, and virulence genes of fecal *Escherichia coli* isolates from healthy grow-finish pigs. *Appl. Environ. Microbiol.*, **75** (5):1373-1380, doi: 10.1128/AEM.01253-08
- Sarazin A., Poulain D., Jouault T., 2010. *In vitro* pro- and anti-inflammatory responses to viable *Candida albicans* yeasts by a murine macrophage cell line. *Med. Mycol.*, **48** (7): 912-921, doi: 10.3109/13693781003767592
- Shabbir M.Z., Ghafoor A., Ahmad A., Anjum A.A., Yaqub T., 2008. Immunomodulatory effect of polyimmune (*Astragalus membranaceus*) extract on humoral response of layer birds vaccinated against Newcastle disease virus. *Int. J. Agri. Biol.*, **10** (5): 585-587
- Skopinska-Rozewska E., Makuch K., Siwicki A.K., 2010. Use of diet supplements, synthetic drugs and herbal remedies with immunotropic activity during pregnancy. II. *Zingiber officinale* Roscoe (ginger). *Central Europ. J. Immunol.*, **35** (4): 259-262
- Van den Berg T.P., Etteradossi N., Toquin D., Meulemans G., 2000. La bursite infectieuse (maladie de Gumboro). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **19** (2): 509-526
- Van der Sluis W., 1999. World poultry diseases update. *World Poult.*, **15**: 30-32
- Wang Y.-Q., Puntunen S.B., Burton J.L., Forsberg N.E., 2009. Use of gene profiling to evaluate the effects of a feed additive on immune function in periparturient dairy cattle. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, **93** (1): 66-75, doi: 10.1111/j.1439-0396.2007.00780.x
- Wu C.C., Dorairajan T., Lin T.L., 2000. Effect of ascorbic acid supplementation on the immune response of chickens vaccinated and challenged with infectious bursal disease virus. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, **74** (1-2): 145-152, doi:10.1016/S0165-2427(00)00161-6
- Yang W.Z., Benchaar C., Ametaj B.N., Chaves A.V., He M.L., McAllister T.A., 2007. Effects of garlic and juniper berry essential oils on ruminal fermentation and on the site and extent of digestion in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **90** (12): 5671-5681, doi: 10.3168/jds.2007-0369
- Yin J., Jin H., Yang F., Ding Z., Huang C., Zhu Q., Wang B., 2007. Synergistic effects of adjuvants interferon- γ and levamisole on DNA vaccination against infection with Newcastle disease virus. *Viral Immunol.*, **20** (2): 288-299, doi:10.1089/vim.2006.0108

Summary

Azeroual E., Mesfioui A., Bouzoubaa K., Benazzouz B., El Hessni A., Ouichou A. Immunostimulatory effect of four food additives in broiler chickens (*Gallus gallus*) against Gumboro and Newcastle diseases

Strengthening the immune system in susceptible avian species has become a highly sought after approach to protect them against infections, especially of viral origin. This study aimed to assess the impact of four food additives on immune system modulation in chicken broilers, following vaccine intake against Gumboro disease, also called infectious bursal disease (IBD), and Newcastle disease (ND). The experimental design involved 500 one-day-old chicks of Ross strain, equally distributed into five groups (four treated and one control). Treatment products were based on antibiotics, phytobiotics (cinnamon and ginger) and a probiotic (yeast *Saccharomyces cerevisiae*), orally administered *via* drinking water. The treatments were carried out over three periods of different ages: on day (D) D6–D9, D21–D23 and D33–D35. The primary vaccine doses were simultaneously administered on D7, and booster doses on D14 and D21 against IBD and ND viruses, respectively. Serum samples were collected in five chickens from each group on D18 and D31. Antibody titers were analyzed by ELISA for IBDV virus and by the hemagglutination inhibition test for NDV virus. The results showed that none of the four immunostimulatory adjuvants had an effect on antibody titers against IBD virus ($p > 0.05$). On the other hand, especially in groups treated with ginger and yeast a positive immunostimulatory effect was observed against ND virus. However, this difference was not significant compared to control ($p > 0.05$).

Keywords: broiler chicken, Gumboro disease, Newcastle disease, vaccination, additive, immunostimulant, Morocco

Resumen

Azeroual E., Mesfioui A., Bouzoubaa K., Benazzouz B., El Hessni A., Ouichou A. Efecto inmunoestimulante de cuatro aditivos alimentarios en pollos de engorde (*Gallus gallus*), contra las enfermedades de Gumboro y Newcastle

El fortalecimiento del sistema inmunológico en especies aviares susceptibles, se ha convertido en un muy buscado objetivo final con el fin de protegerlos contra las infecciones, especialmente de origen viral. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de cuatro aditivos alimentarios sobre la modulación del sistema inmune de pollos de engorde, después de la ingesta de la vacuna contra la enfermedad de Gumboro, también llamada enfermedad bursitis infecciosa (IBD) y la enfermedad de Newcastle (ND). El diseño experimental involucró a 500 pollos de un día de edad de la cepa Ross, distribuidos homogéneamente en cinco grupos (cuatro tratados y uno de control). Los productos de tratamiento se basaron en antibióticos, fitobióticos (canela y jengibre) y un probiótico (levadura *Saccharomyces cerevisiae*), administrados oralmente a través del agua potable. Los tratamientos se llevaron a cabo durante tres períodos de diferentes edades: el día (D) D6–D9, D21–D23 y D33–D35. Las dosis primarias de vacunas se administraron simultáneamente en D7, y las dosis de refuerzo en D14 y D21 contra los virus de IBD y de ND, respectivamente. Las muestras de suero se recogieron en cinco pollos de cada grupo en D18 y D31. Los títulos de anticuerpos se analizaron por ELISA para el virus de IBD y mediante la prueba de inhibición de la hemaglutinación para el virus de ND. Los resultados mostraron que ninguno de los cuatro adyuvantes inmunoestimulantes tuvo un efecto sobre los títulos de anticuerpos contra el virus de IBD ($p > 0,05$). Por otra parte, especialmente en los grupos tratados con el jengibre y la levadura se observó un efecto inmunoestimulador positivo contra el virus de ND. Sin embargo, esta diferencia no fue significativa en comparación con el control ($p > 0,05$).

Palabras clave: pollo de engorde, enfermedad de Gumboro, enfermedad de Newcastle, vacunación, aditivo, inmunoestimulante, Marruecos

