

# Utilisation de bœufs traités aux insecticides dans la lutte contre les vecteurs des virus de la fièvre de la vallée du Rift et de la fièvre West Nile au Sénégal.

D. Diallo (1, 2), Y. Ba (1), I. Dia (1), K. Lassana (2) & M. Diallo (1)

(1) Unité d'entomologie médicale, Institut Pasteur de Dakar, 36 avenue Pasteur, BP 220, Dakar, Sénégal. Tél : 221 33 839 92 28; fax : 221 33 839 92 10; e-mail : diallo@pasteur.sn  
(2) Laboratoire d'écologie vectorielle et parasitaire, Département de biologie animale Université Cheikh-Anta-Diop, Dakar, Sénégal

Manuscrit n° 3218. "Santé publique". Reçu le 22 janvier 2008. Accepté le 15 juillet 2008.

**Summary:** Use of insecticide-treated cattle to control Rift Valley fever and West Nile virus vectors in Senegal.

Rift Valley Fever (RVF) and West Nile fever (WNV) viruses are transmitted by several mosquito species and share the same vectors in Northern Senegal (West Africa). In absence of an effective treatment and vaccines, vector control remains an alternative method of prevention and control of these vector-borne diseases. The methods targeting adults' pest mosquitoes and malaria vectors which are currently used by the population in the Barkedji area (insecticides treated nets, bombs and copper coil) would not be effective against these vectors because of their exophagic and zoophilic behavior. Thus, we decided to evaluate the effectiveness of insecticide-treated cattle as a method to control these vectors. We evaluated the effects of this treatment on the mortality and the behaviour (attractiveness and engorgement) of the main vectors and subsidiary the whole mosquito fauna. Our study was conducted during September 2005, and between July and November 2006, at Niakha pond located 4 km from the Barkedji village in the Sahelian region of Senegal. A bull-calf was treated with 25 mg / m<sup>2</sup> of deltamethrin and compared to an untreated calf of the same weight used as a control. The assays were conducted using two net-traps placed at the edge of the pond from 19:00 PM to 22:00 PM each night for 4 nights per week for 4 consecutive weeks after each treatment. The risk that host-seeking mosquitoes that do not have possibility to feed on cattle might turn to men cohabiting with these cattle was evaluated simultaneously during the bioassay.

The deltamethrin treatment led to a significant reduction in the average number of mosquitoes attracted by the treated-calf compared to the control during the first 2 weeks post-treatment both for all species and for the main vectors such as *Ae. vexans*, *Ae. ochraceus*, *Cx. poicilipes*, *Cx. neavei* and *Ma. uniformis*. However, these means were comparable for the last two weeks post-treatment both for the whole mosquito fauna and the main vectors with the exception of *Cx. neavei*. The treatment resulted in a significant reduction in the rates of engorged females during the first two weeks post-treatment. Indeed, the females' engorgement rate on the treated-calf compared to the control has been reduced by 57.3% for *Ae. vexans*, 39.8% for *Ae. ochraceus*, 76.4% for *Cx. poicilipes*, 82.4% for *Cx. neavei*, 84.6% for *Ma. uniformis* and 64.1% for the whole mosquito fauna. This effect of the treatment was maintained in the second fortnight post-treatment only for *Cx. neavei*. Mortality rates were higher among mosquitoes collected with the treated-calf compared to the control in the first fortnight of the test. This impact of the insecticide has been maintained in the second fortnight post-treatment excepted for *Cx. neavei*. However, a significant variation of the mortality of the mosquitoes collected with the treated-cattle was observed between the two fortnights. In fact, the mortality rate of the mosquitoes collected on the treated-cattle decreased by 43.8% for the mosquito fauna as a whole, 47.5% for *Cx. poicilipes* and 82.4% for *Ae. vexans*, 76% for *Ae. ochraceus*, and 63.3% for *Ma. uniformis*. No deviation of host-seeking mosquitoes, from treated calf to men, has been observed since the average number of host-seeking mosquitoes collected on men close to the two calves was statistically comparable. The insecticide-treated cattle may be a good method for controlling RVF and WNV vectors and associated mosquitoes in Senegal. However, there is a need to develop new formulations or new strategies of application that could improve the duration of the effectiveness of the treatment.

## Résumé :

Pendant le mois de septembre 2005 et entre juillet et novembre 2006, la possibilité d'utiliser des bœufs traités à la deltaméthrine (pyréthrianoïde) dans la lutte contre les vecteurs du virus de la fièvre de la vallée du Rift (FVR), de la fièvre West Nile (WN) et des moustiques associés a été évaluée à Barkedji au Sénégal. Un taurillon a été traité avec 25 mg/m<sup>2</sup> de deltaméthrine et comparé à un taurillon de même poids non traité. L'effet du traitement sur le comportement des moustiques a été évalué grâce à un test biologique à l'aide de moustiquaires pièges, pendant quatre semaines consécutives après chaque traitement. Le risque de déviation trophique des moustiques vers l'homme lié à ce traitement a également été évalué.

Rift valley fever  
West Nile fever  
vector  
deltamethrin  
cattle  
mosquito  
vector control  
Barkedji  
Senegal  
Sub Saharan Africa

fièvre de la vallée du Rift  
fièvre West Nile  
vecteurs  
deltaméthrine  
bétail  
moustique  
lutte antivectorielle

Le traitement a entraîné une réduction significative du nombre de moustiques attirés par le taurillon traité par rapport au témoin, pendant la première quinzaine après traitement. Durant celle-ci, les taux de gorgement ont été réduits de 57,3 % chez *Ae. vexans*, 39,8 % chez *Ae. ochraceus*, 76,4 % chez *Culex poicilipes*, 82,4 % chez *Cx. neavei*, 84,6 % chez *Mansonia uniformis*. Le restant de la faune culicidienne, toutes les espèces confondues, a présenté, durant cette première quinzaine, une réduction globale du taux de gorgement de 64,1 %. Il a également été observé une augmentation significative du taux de mortalité durant le mois qui a suivi le traitement pour tous les principaux vecteurs susmentionnés ainsi que pour l'ensemble de la faune culicidienne. Cependant, aucune déviation trophique vers l'homme n'a été observée.

Le traitement des boeufs à la deltaméthrine pourrait ainsi participer à la lutte contre les vecteurs de la FVR, du WN et des moustiques associés au Sénégal. Toutefois, il reste à développer une nouvelle formulation ou de nouvelles stratégies d'application qui augmenteraient la durée d'efficacité du traitement.

## Introduction

La fièvre de la vallée du Rift (FVR) et la fièvre West Nile (WN) sont des arboviroses d'importance médicale et vétérinaire. La FVR est une maladie émergente en pleine expansion comme en témoignent les nombreuses épizooties et épidémies enregistrées ces dernières décennies un peu partout en Afrique (19, 36, 42, 43, 54) et pour la première fois hors du continent africain, en Arabie saoudite et au Yémen (38, 28). Des épidémies de WN ont également été signalées en Afrique, en Europe, et en Asie (26, 35) et depuis 1999 sur le continent américain, notamment aux États-Unis (31).

Les virus FVR et WN sont transmis par plusieurs espèces de moustiques des genres *Aedes*, *Culex* et *Mansonia* (5, 30, 52). En Afrique de l'Ouest, précisément au Sénégal et en Mauritanie, les 2 maladies ont la particularité de partager les mêmes principaux vecteurs, notamment *Ae. vexans*, *Cx. poicilipes* et *Ma. uniformis* (9).

Le virus de la fièvre de la vallée du Rift (VFVR) est un Phlebovirus de la famille des Bunyaviridae. Il provoque une anthrozoonose qui affecte principalement les bovins, les ovins et les caprins. Chez ces Ongulés, elle entraîne des avortements chez les femelles gestantes et une forte mortalité des jeunes. Dans la grande majorité des cas, l'infection se produit chez l'homme à la suite d'un contact direct ou indirect avec du sang, des fluides corporels ou des organes d'animaux contaminés. Les infections humaines à la suite de piqûres de moustiques ont été rapportées, mais semblent plus rares. Chez l'homme, la plupart des manifestations de la FVR sont généralement des formes asymptomatiques, mais des complications avec de fortes mortalités ont été rapportées (20, 23). Outre son impact sanitaire, la FVR a un impact économique non négligeable, du fait des mesures de blocus mis en place sur les mouvements et le commerce des animaux sensibles (ruminants) par les autorités internationales (FVR inscrite sur la liste A de l'OIE).

Le virus de la fièvre West Nile (VWN) est un Flavivirus de la famille des Flaviviridae. La transmission de ce virus se fait dans un cycle enzootique impliquant les oiseaux sauvages et des moustiques ornithophiles (15). Le VWN peut affecter, dans certaines conditions écologiques, l'homme et le cheval (4). Les infections chez l'homme et le cheval sont généralement asymptomatiques ou bénignes, mais des cas de méningites et d'encéphalites graves avec de fortes mortalités ont été observés (41).

Pour la FVR, des avancées significatives ont été obtenues sur les systèmes d'alertes épidémique et épizootique précoces à travers l'analyse des conditions environnementales, le climat, en particulier en Afrique de l'Est (24), et à travers les programmes de surveillance avec l'utilisation de troupeaux sentinelles, notamment au Sénégal et en Mauritanie (51). En ce qui concerne la WN, rien n'existe, aussi bien en terme de prédiction, que de surveillance active. Pour ces 2 arboviroses,

très peu d'études ont été menées, particulièrement en Afrique de l'Ouest, sur les moyens de contrôle face à ces menaces.

Le seul moyen de lutter contre ces maladies graves reste la prévention ou le contrôle par la vaccination et la lutte antivectorielle.

Concernant la FVR, de nombreux obstacles limitent les tentatives de mise en place d'une stratégie de lutte contre la maladie par la vaccination. La vaccination chez l'homme n'entre pas dans l'arsenal des mesures de contrôle de l'épidémie puisque le seul vaccin efficace disponible pour l'homme est actuellement de production restreinte et est limité au personnel à risque. De même, plusieurs types de vaccins à usage vétérinaire telles que le Smithburn (49), le MP 12 et le clone 13 ont été mis au point, mais ils présentent tous des effets adverses relatifs aux avortements occasionnés par les vaccins vivants atténués, la méconnaissance de leur devenir après passage chez le Vertébré et chez le moustique et les réassortiments possibles avec les souches naturelles. Quant au candidat vaccin R 566 qui est un réassortiment des souches MP12 (3) et clone 13 (34), il suscite beaucoup d'espoir, mais son évaluation n'est pas encore achevée.

Concernant le VWN, l'existence de vaccins pour les chevaux a permis de limiter l'impact de la maladie chez ces derniers aux États-Unis (29, 39), mais il n'existe actuellement aucun vaccin pour l'homme, même si le ChimeriVax-WN02 reste un candidat vaccin prometteur (32).

C'est fort de ces constats que la lutte antivectorielle suscite actuellement beaucoup d'espoir comme méthode de prévention notamment, mais aussi de contrôle de ces maladies à transmission vectorielle. Les succès de la campagne d'éradication du paludisme dans les régions tempérées d'Europe, des États-Unis d'Amérique, mais aussi dans certaines régions tropicales d'Amérique du Sud et d'Asie, du programme OCP de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest, de la lutte contre la maladie de Chagas en Amérique du Sud ainsi que l'éradication d'*An. gambiae* du Brésil après son introduction fin 1929, témoignent de l'efficacité de cet outil. Sur le plan vétérinaire, des preuves de protection efficace du bétail contre les piqûres de moustiques, de glossines, de tiques, de *Culicoides* et de simulies, ont été rapportées (22, 25, 33, 40, 45, 48, 50, 53).

Utilisant plusieurs technologies, la lutte antivectorielle peut cibler les différents stades de développement du moustique. Cependant, dans les zones de circulation des virus FVR et WN au Sénégal comme à Barkedji, elle pourrait difficilement être envisagée contre les stades aquatiques, compte tenu de la nature de leurs gîtes. En effet, les gîtes sont constitués dans cette zone par des réseaux de mares temporaires qui représentent les sources d'eau les plus importantes pour la population et le bétail durant une bonne partie de l'année. En plus, ces mares peuvent être très nombreuses et occuper une surface importante de la zone. Enfin, ce sont les habitats d'une importante faune sauvage locale comme les oiseaux, les amphibiens, les reptiles, etc. Tous ces facteurs font aussi que la lutte lar-

vicide ou adulticide au moyen de pulvérisation d'insecticides n'est pas envisageable dans ce contexte (milieu naturel ouvert, gîtes de repos non identifié, impact sur l'environnement et la faune non-cible).

La bio-écologie de ces vecteurs des virus FVR et WN, qui sont exophages et principalement zoophiles (2), fait que les méthodes de protection contre les adultes qui sont employées dans la zone par les populations (moustiquaires imprégnées de pyrèthrinoides, bombes et serpentins de pyrèthres) ne pourraient pas être efficaces contre eux. En dehors de ces techniques largement employées contre les moustiques adultes et qui sont plus ou moins efficaces contre la nuisance culicidienne et les vecteurs du paludisme en Afrique, il existe d'autres méthodes qui visent principalement les moustiques exophages et zoophiles. Parmi ces méthodes, on peut citer celle qui utilise du bétail traité aux insecticides qui a été proposée par KUNTZ *et al.* (21) comme méthode additionnelle dans la lutte contre *Psorophora colombiae*, moustique nuisant en Floride. NASCI *et al.* (37) ont démontré une réduction du taux de gorgement de cette espèce collectée à proximité d'un bœuf traité à la perméthrine, même si cela ne réduisait pas significativement les taux de femelles gravides et pares. Cette technique a été également utilisée contre d'autres moustiques et avec divers insecticides aux États-Unis (25, 27), puis testée contre les vecteurs zoophiles du paludisme en Asie du sud (17) et en Afrique de l'Est (14) avec, à chaque fois, des résultats encourageants.

Ainsi, nous avons décidé d'évaluer l'efficacité de l'utilisation des bœufs traités aux insecticides dans la lutte contre ces vecteurs.

Les objectifs spécifiques ont été d'évaluer l'effet de ce traitement sur l'attractivité des bœufs pour les vecteurs en particulier et les moustiques en général, mais également sur les taux de gorgement et de mortalité de chacun des vecteurs et de la faune culicidienne dans une zone de circulation de la FVR et de la fièvre WN au Sénégal.

Le présent papier analyse et discute les résultats obtenus.

## Matériel et méthodes

### Site d'étude

Les travaux ont été effectués, en saison des pluies durant le mois de septembre 2005 et entre juillet et novembre 2006, au niveau de la mare de Niakha située à 4 km du village de Barkedji (15°17'N, 14°53'W) dans la zone sahélienne du Sénégal. Le climat sahélien est chaud et sec, avec des pluviométries

annuelles qui varient entre 300 mm et 500 mm. La zone est caractérisée par une courte saison des pluies qui dure généralement de juin à octobre et une longue saison sèche qui s'étend sur le reste de l'année. Niakha est une mare semi permanente qui est mise en eau dès les premières pluies et reste en eau une bonne partie de l'année. Il existe aux environs de cette mare un réseau de mares de plus petite taille qui se remplissent et s'assèchent au rythme de la pluviométrie. Cette mare est une zone d'émergence du VFVR et du VWN où se développent plusieurs espèces de moustiques qui ont été trouvés infectés par ces virus (6, 52). Elle constitue également la principale source d'eau pour la population et le bétail des villages alentours. La grande majorité de la population (70 %) est constituée d'éleveurs peulhs. En dehors des éleveurs, 15 % de la population s'adonne à l'agriculture et les 15 % restants au commerce et à diverses autres activités. Le bétail est constitué principalement de bovins, d'ovins et de caprins. Parmi les autres animaux domestiques, on compte les chevaux et les ânes qui divaguent autour de la mare après leurs corvées journalières. Cette mare est également l'habitat naturel d'une importante faune sauvage locale : oiseaux, reptiles, amphibiens et petits mammifères.

### Traitement du taurillon

Un taurillon de race Zébu Gobra (11) âgé d'un an et pesant 90 kg a été traité à la deltaméthrine avec une dose de 25 mg/m<sup>2</sup>. La surface de l'animal a été estimée par la formule de Moulton définie sur la base d'une relation entre le poids et la surface des animaux (18). La deltaméthrine a été choisie comme insecticide de par sa qualité (efficacité, rémanence et innocuité pour l'homme et les mammifères dans ses conditions d'utilisation) et son utilisation préférentielle à l'heure actuelle comme produit de base parmi les nombreux insecticides sur le marché, dans les campagnes de prévention et de lutte contre les maladies à transmission vectorielle. Il est aujourd'hui à côté des autres pyrèthrinoides (perméthrine, lambda-cyhalothrine, cyfluthrine, alphacyperméthrine, bifenthrine) un des insecticides recommandés dans les traitements intradomiciliaires et l'imprégnation des moustiquaires (46) destinées à la lutte contre les vecteurs du paludisme. Notre choix a également été dicté par le fait que la deltaméthrine a déjà montré une efficacité et une rémanence plus importante par rapport à la perméthrine et la lambda-cyhalothrine, 2 autres pyrèthrinoides testés sur bœuf contre les moustiques zoophiles au Pakistan (17). En plus des moustiques, le traitement des animaux à la deltaméthrine a été largement utilisé pour lutter contre les tiques (22) et les glossines (40, 45, 50, 53) et ne semble présenter aucun danger pour le bétail et les consommateurs (44). De fait, la deltaméthrine est le seul pyrèthrinolide et, au-delà, un des seuls insecticides homologués en Europe pour traitement sur bovins contre les tiques et les mouches de ferme avec respect des délais d'attente pour la consommation de lait et de viande.

L'insecticide a été appliqué avec précaution et de manière uniforme sur toute la surface de l'animal à l'aide d'une éponge. Un taurillon non traité de même poids a été utilisé comme témoin. Des précautions ont été prises pour éviter la contamination du témoin par le taurillon traité. Les sites servant au test pour chacun des taurillons étaient distants de 200 m environ, le taurillon traité était installé sur une plate-forme en bois pour éviter toute contamination du sol du site d'étude. Par ailleurs, durant la journée les 2 taurillons ont été gardés séparément. Les taurillons ont été changés entre 2005 et 2006 et une rotation a été effectuée entre le taurillon traité et le taurillon témoin dans les différents tests de 2006 pour éviter le biais lié à l'effet individuel des taurillons dans l'attractivité des moustiques.

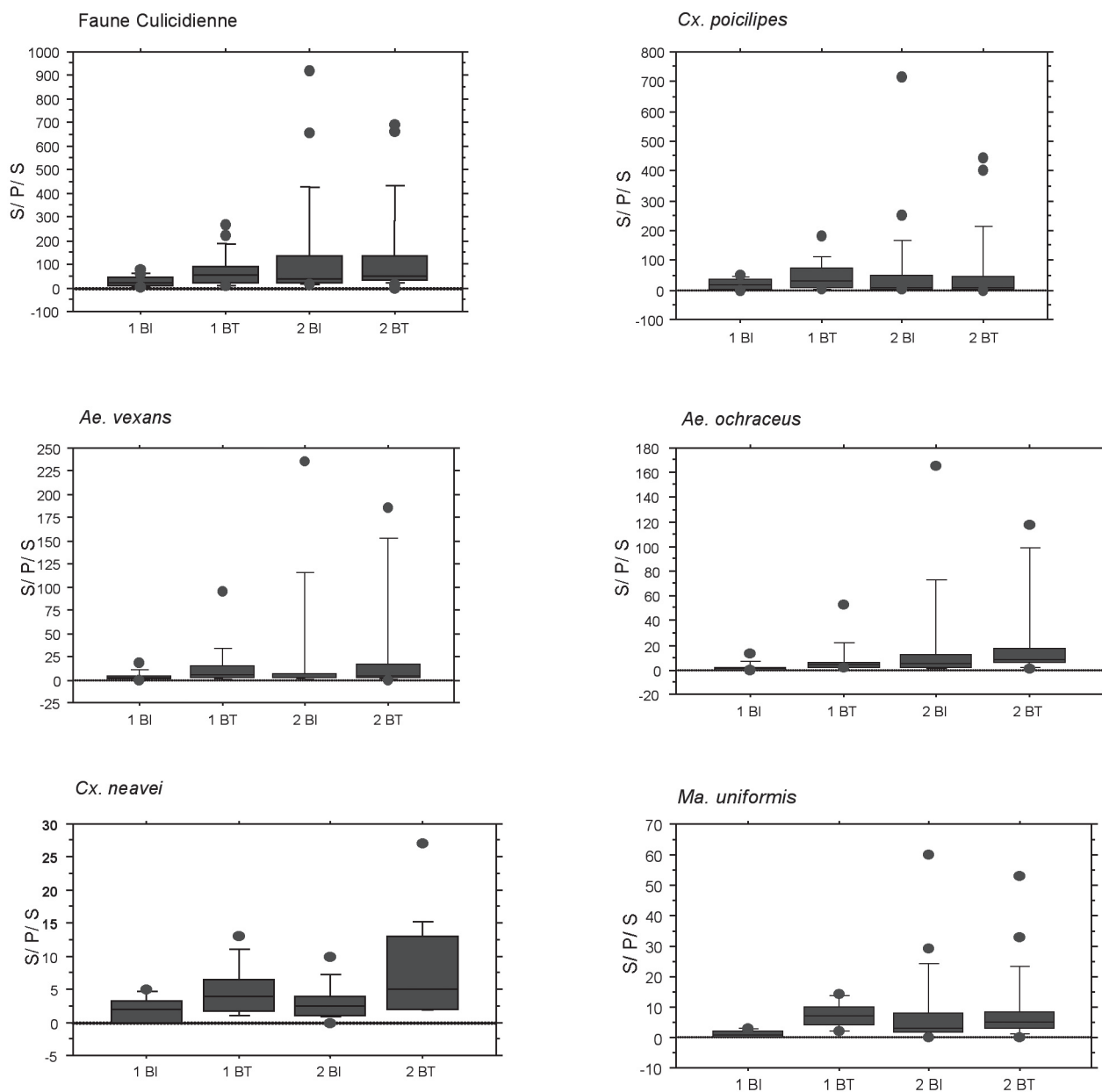
Photo 1.

Moustiquaire piège et taurillon traité.  
Net-trap and treated bull-calf.



Figure 1.

Nombres moyens de spécimens des vecteurs de la fièvre de la vallée du Rift et de la fièvre West Nile capturés sous moustiquaire-piège avec un taurillon traité à la deltaméthrine (BI) versus un taurillon témoin (BT) lors de la 1<sup>re</sup> et de 2<sup>e</sup> quinzaine après traitement durant les saisons de pluies 2005 (1 test) et 2006 (3 tests) à Barkedji, Sénégal. Les nombres moyens sont présentés en spécimens par piège par nuit (S/P/S) ± l'écart type. Les points indiquent les valeurs extrêmes. Rift Valley fever and West Nile fever vectors collected under a bed-net occupied by Deltamethrin-treated cattle (BI) versus untreated cattle (BT) in the first (1) and (2) the second fortnight post-treatment. Catches are presented as specimens per trap per evening ± standard deviation. The points indicate extreme values.



### Test biologique de l'insecticide

Le protocole du test est inspiré du test biologique dit de « l'animal entier » de HEWITT & ROWLAND (17). Cette technique permet de simuler les conditions du milieu permettant aux moustiques femelles sauvages de se poser ou pas sur les bœufs expérimentaux. Les tests ont été effectués à l'aide de 2 moustiquaires-pièges placées au bord de la mare de Niakha de dimensions 2 m x 2 m x 2 m, tendues et fixées à des piquets de 2 m. À l'intérieur de chaque moustiquaire était placé un taurillon (photo 1). Le bas de chaque moustiquaire était tendu et fixé à des piquets de manière à rester à 40 cm du sol pour permettre aux moustiques attirés d'entrer. Ces moustiquaires-pièges étaient disposées chaque jour au bord de la mare de 19 h à 22 h et positionnées à 200 m l'une de l'autre pour éviter d'éventuelles interférences. Les moustiques piégés ont été récupérés à l'aide d'un aspirateur électrique entre 22 h et 22 h 30. Afin d'éviter les biais relatifs au positionnement, une

rotation des taurillons avec leur moustiquaire-piège respective a été effectuée.

Les moustiques récoltés dans chaque moustiquaire ont été placés dans des cages séparées puis transportés à la station de terrain où ils ont été conservés pendant 24 h à 27 °C et une humidité relative de 80 % dans une pièce faisant office d'insectarium. Au bout de 24 heures de conservation, les moustiques morts ont été identifiés et dénombrés. Les moustiques moribonds ont été également classés comme morts. Les moustiques retrouvés vivants ont été tués au froid puis identifiés et dénombrés. L'identification des différentes espèces de moustiques s'est faite avec des clés d'identification morphologique (8, 12). Les moustiques ont été par la suite classés, selon leur état, comme étant gorgés ou à jeun. Le gorgement a été déterminé par le volume et la couleur de l'abdomen des moustiques gorgés. Les femelles à l'abdomen complètement distendu ou partiellement remplis ont toutes été considérées comme gorgées. Les tests ont été effectués pendant 4 nuits consécutives

par semaine durant 4 semaines après chaque traitement. Le traitement et le suivi de 4 semaines ont été faits une seule fois en 2005 et répété 3 fois en 2006.

## Évaluation du risque de déviation trophique

Le risque que les moustiques, n'ayant pas la possibilité de se gorger sur les bœufs traités, se tournent vers l'homme, cohabitant avec ces animaux, a été évalué simultanément au test biologique de l'insecticide. Cette évaluation a été faite par la méthode de capture sur hommes volontaires, ceux-ci étant des membres de l'équipe d'entomologie vaccinés contre la FVR et sous prophylaxie anti-paludique. Pour chaque soir de test, un homme assis à côté du taurillon traité et un autre à côté du taurillon témoin collectaient les moustiques qui se posaient sur eux. Une rotation des hommes par rapport aux sites et aux taurillons a également été faite pour limiter l'effet de la différence d'habileté et d'attractivité des individus sur le rendement des collectes.

## Analyses statistiques des données

Les nombres moyens de femelles capturées dans chaque moustiquaire piège exprimés en spécimens par piège par soir (S/P/S), ainsi que leurs taux de mortalité et de gorgement ont été calculés pour l'ensemble des moustiques et pour les principaux vecteurs. Lorsque les mortalités des moustiques capturés dans la moustiquaire avec taurillon témoin ont été supérieures à 5 %, les mortalités des moustiques capturés dans la moustiquaire avec taurillon traité correspondant ont été corrigées en utilisant la formule d'ABBOTT (1). Pour l'estimation du risque de déviation trophique, les nombres moyens de femelles capturées par chaque homme, exprimés en moustique par homme par soir (M/H/S), ont été calculés pour l'ensemble des moustiques et pour les principaux vecteurs. Ces moyennes ont été comparées à l'aide du test de Student apparié. Les comparaisons ont été faites après transformation des données sous la forme  $\text{Log}_{10}(x + 1)$  pour les normaliser. Les taux de mortalité et de gorgement des femelles capturées sur taurillon traité et témoin ont été comparés à l'aide du test  $\chi^2$ . Les analyses ont été effectuées avec les logiciels XLSTAT-Pro 2006® et StatView 5.0®.

## Résultats

### Attractivité des moustiques par les taurillons

L'attractivité du taurillon traité et du taurillon témoin pour la faune culicidienne en activité dans la zone et de chacun des principaux vecteurs, est présentée figure 1. Le test biologique a montré que le traitement à la deltaméthrine entraînait une réduction significative des nombres moyens de moustiques attirés par le taurillon traité par rapport au témoin durant les 2 premières semaines après traitement, aussi bien pour toutes les espèces confondues ( $t = 4,9$ ;  $ddl = 18$ ;  $P = 0$ ) que pour *Ae. vexans* ( $t = 2,7$ ;  $ddl = 13$ ;  $p = 0,02$ ), *Ae. ochraceus* ( $t = 3,8$ ;  $ddl = 14$ ;  $p = 0,002$ ), *Cx. poicilipes* ( $t = 2,3$ ;  $ddl = 12$ ;  $p = 0,04$ ), *Cx. neavei* ( $t = 4,1$ ;  $ddl = 8$ ;  $p = 0,004$ ) et *Ma. uniformis* ( $t = 6,4$ ;  $ddl = 13$ ;  $p = 0,001$ ). Cependant, les nombres moyens de spécimens récoltés avec le taurillon traité et le taurillon témoin ont été comparables pour les 2 dernières

Tableau I.

Effet du traitement d'un bœuf à la deltaméthrine sur les taux de gorgement (tg) et de mortalité (tm) des vecteurs des virus de la fièvre de la vallée du Rift et de la fièvre West Nile durant les saisons des pluies 2005 et 2006 à Barkedji, Sénégal.  
Effect of the calf treatment with deltamethrin on the engorgement (tg) and mortality rates (tm) of the Rift Valley fever and West Nile fever vectors during the 2005 and 2006 rainy seasons in Barkedji, Senegal.

quinzaine		<i>Cx. neavei</i>		<i>Cx. poicilipes</i>		<i>Ae. vexans</i>		<i>Ae. ochraceus</i>		<i>Ma. uniformis</i>		moustiques	
		tg	tm	tg	tm	tg	tm	tg	tm	tg	tm	tg	tm
1	bœuf témoin	31,8a	2,3a	77,9a	2,0a	92,7a	1,1a	83,1a	5,9a	93,2a	6,8a	80,4a	3,2a
	bœuf traité	5,6b	16,7b	18,4b	32,6b	39,6b	18,8b	50,0b	43,8b	14,3b	69,3b	28,5b	30,8b
2	bœuf témoin	11,0a	13,8a	73a	2,6a	93,1a	0,5a	83,1a	2,4a	91,7a	6,8a	77,7a	4,1a
	bœuf traité	0,0b	9,7a	76,1a	17,1b	94,8a	3,3b	84,3a	11,3b	90,9a	20,8b	78,8a	17,3b

NB : les taux avec des lettres différentes pour chaque quinzaine, présentent une différence significative au test  $\chi^2$  avec  $p < 0,05$

semaines du test, aussi bien pour les moustiques dans leur ensemble ( $t = 0,3$ ;  $ddl = 22$ ;  $p = 0,8$ ), que pour les principaux vecteurs susmentionnés à l'exception de *Cx. neavei* ( $t = 3,7$ ;  $ddl = 13$ ;  $p = 0,002$ ).

### Taux de gorgement et de mortalité

Les taux de gorgement et de mortalité des moustiques sur les différents taurillons sont présentés dans le tableau I.

### Taux de gorgement

Le traitement a entraîné une réduction significative des taux de femelles gorgées d'*Ae. vexans* ( $\chi^2 = 70,5$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ), *Ae. ochraceus* ( $\chi^2 = 16,6$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ), *Cx. poicilipes* ( $\chi^2 = 255,1$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ), *Cx. neavei* ( $\chi^2 = 4,8$ ;  $ddl = 1$ ;  $p = 0,03$ ), *Ma. uniformis* ( $\chi^2 = 25,9$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ) et de l'ensemble de la faune culicidienne ( $\chi^2 = 454,1$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ) durant les 2 premières semaines. En effet, les taux de gorgement sur le taurillon traité par rapport au témoin ont été réduits de 57,3 % chez *Ae. vexans*, 39,8 % chez *Ae. ochraceus*, 76,4 % chez *Cx. poicilipes*, 82,4 % chez *Cx. neavei*, 84,6 % chez *Ma. uniformis* et 64,1 % dans l'ensemble de la faune culicidienne, toutes espèces confondues. Chez les principaux vecteurs, la réduction des taux de gorgement a été beaucoup plus importante chez *Cx. poicilipes*, *Cx. neavei* et *Ma. uniformis*. Cet effet du traitement sur le gorgement des femelles ne s'est cependant maintenu durant la 2<sup>e</sup> quinzaine après traitement que chez *Cx. neavei* ( $\chi^2 = 5,4$ ;  $ddl = 1$ ;  $p = 0,02$ ).

### Taux de mortalité

Les taux de mortalité ont été plus élevés chez les moustiques collectés avec le taurillon traité durant la 1<sup>re</sup> quinzaine du test comparés à ceux du taurillon témoin. La différence a été statistiquement significative chez *Ae. vexans* ( $\chi^2 = 25,4$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ), *Ae. ochraceus* ( $\chi^2 = 38,0$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ), *Cx. poicilipes* ( $\chi^2 = 168,4$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ), *Cx. neavei* ( $\chi^2 = 4,4$ ;  $ddl = 1$ ;  $P = 0,036$ ), *Ma. uniformis* ( $\chi^2 = 19,1$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ) et chez l'ensemble de la faune culicidienne ( $\chi^2 = 292,8$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ). Cet impact de l'insecticide sur la survie des moustiques s'est maintenu pendant la 2<sup>e</sup> quinzaine après traitement. En effet, des taux de mortalité statistiquement plus élevés ont été observés sur l'ensemble de la faune culicidienne toutes espèces confondues ( $\chi^2 = 292,1$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ), mais aussi, à l'exception de *Cx. neavei* ( $\chi^2 = 1,7$ ;  $ddl = 1$ ;  $p = 0,2$ ), chez les principaux vecteurs que sont *Ae. vexans* ( $\chi^2 = 7,7$ ;  $ddl = 1$ ;  $p = 0,005$ ), *Ae. ochraceus* ( $\chi^2 = 20,4$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ), *Cx. poicilipes* ( $\chi^2 = 166,4$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ) et *Ma. uniformis* ( $\chi^2 = 26,1$ ;  $ddl = 1$ ;  $p < 0,0001$ ). Cependant une variation importante de la mortalité des moustiques collectés avec le taurillon traité a été notée entre les 2 quinzaines. En effet, le taux de mortalité des moustiques collectés sur le taurillon traité a diminué de 43,8 % pour la faune culicidienne totale, de 47,5 % pour *Cx. poicilipes*, de 82,4 % pour *Ae. vexans*, de 76 % pour *Ae.*

Tableau II.

Effet du traitement d'un bœuf à la deltaméthrine sur l'attractivité par l'homme des vecteurs des virus de la fièvre de la vallée du Rift et de la fièvre West Nile durant les saisons des pluies 2005 et 2006 à Barkedji, Sénégal.

Effect of the calf treatment with deltamethrin on attractiveness of the Rift Valley fever and West Nile fever vectors by human during the 2005 and 2006 rainy seasons in Barkedji, Senegal.

appât	Cx. poicilipes	moustiques / homme / soir ± écart-type			moustiques
		Ae. vexans	Ae. ochraceus	Ma. uniformis	
homme près du taurillon témoin	26,6 ± 22,8	2,1 ± 1,7	1,0 ± 0,7	1,6 ± 1,6	43,5 ± 26,6
homme près du taurillon traité	23,8 ± 16,7	1,3 ± 0,9	1,1 ± 1,1	1,9 ± 1,5	41,5 ± 25,9

NB : pour chaque espèce, les nombres moyens de moustiques capturés sur homme près du taurillon traité et du taurillon témoin ne diffèrent pas statistiquement au test t avec  $p > 0,05$

*ochraceus*, et de 63,3 % pour *Ma. uniformis*. Parmi les vecteurs, les taux de mortalité les plus élevés ont été observés chez *Ma. uniformis*, *Ae. ochraceus* et *Cx. poicilipes*.

## Évaluation du risque de déviation trophique

Des densités très faibles de femelles ont été obtenues sur l'homme, en comparaison aux récoltes obtenues sur les taurillons traités ou non. De même, aucune déviation trophique n'a été observée, puisque les nombres moyens de femelles récoltées sur les personnes à côté de l'un ou l'autre des taurillons ont été statistiquement comparables. Ceci a été le cas de tous les moustiques pris globalement ( $t = -0,99$ ;  $ddl = 39$ ;  $p = 0,32$ ) ainsi que des principaux vecteurs que sont *Ae. vexans* ( $t = -1,2$ ;  $ddl = 11$ ;  $p = 0,24$ ), *Ae. ochraceus* ( $t = 0,0$ ;  $ddl = 8$ ;  $p = 1$ ), *Cx. poicilipes* ( $t = -0,6$ ;  $ddl = 39$ ;  $p = 0,5$ ) et *Ma. uniformis* ( $t = 1,2$ ;  $ddl = 32$ ;  $p = 0,25$ ) (tableau II). Les équipes d'hommes placés à côté du taurillon traité et témoin n'ont capturé chacune qu'une seule femelle de *Cx. neavei* durant toute la période du test.

## Discussion et conclusion

Le traitement du taurillon à la deltaméthrine a eu des effets sur l'attraction, le gorgement et la mortalité de la faune culicidienne dans son ensemble et des principaux vecteurs des arbovirus circulant dans la zone. La réduction de l'attractivité du taurillon traité par rapport au taurillon témoin serait due probablement à un effet répulsif à distance de la deltaméthrine sur les moustiques avant qu'ils ne soient en contact avec l'hôte. Certains auteurs avaient déjà signalé l'effet répulsif de la deltaméthrine sur les moustiques. En effet, DARRIET *et al.* (7) ont montré en Côte d'Ivoire que la deltaméthrine avait un effet dissuasif vis-à-vis des populations d'*An. gambiae* s.s. en induisant une diminution du taux d'entrée des femelles de cette espèce dans des cases-pièges. Par contre, HABTEWOLD *et al.* (14) avaient trouvé que le traitement des bœufs à la deltaméthrine n'avait aucun effet significatif sur le nombre d'*Anopheles* capturés sur le bœuf traité et que la deltaméthrine n'affectait le comportement des femelles d'*Anopheles* qu'après leur contact avec l'animal traité. Utilisant d'autres insecticides, LOFTIN *et al.* (25) ont également observé cet effet dissuasif sur les moustiques.

Quant à la réduction du taux de gorgement des moustiques capturés sur le taurillon traité, elle indique un effet excito-répulsif de l'insecticide sur les moustiques lorsqu'ils entrent en contact avec l'hôte. Cet effet excito-répulsif ou irritant au contact de la deltaméthrine est bien connu pour être un des mécanismes d'action des moustiquaires imprégnées (47). Il est lié au fait que les moustiques entrant en contact avec l'insecticide par les pattes sont irrités et n'arrivent pas à se poser sur le support ou l'animal imprégné afin de prendre convenablement leur repas de sang. Cette réduction du taux de gorgement des moustiques a comme conséquence principale une protection individuelle de l'animal traité.

En plus de la réduction du taux de gorgement, le contact avec l'animal traité a entraîné chez les vecteurs une augmentation de la mortalité. À l'exception de *Ma. uniformis* pour la 1<sup>re</sup> quinzaine, les taux de mortalité des moustiques récoltés avec le taurillon traité ont été relativement faibles (inférieurs à 50 %), pour tous les vecteurs et pour l'ensemble des moustiques. Ces taux ont été inférieurs à ceux obtenus par HEWITT & ROWLAND (17) pour les *Culicinae* et les *Anopheles* durant la 1<sup>re</sup> quinzaine au Pakistan et par HABTEWOLD *et al.* (14) pour les *Anopheles* durant la 1<sup>re</sup> semaine en Éthiopie. Ces différences pourraient s'expliquer par la différence entre les méthodes utilisées pour les tests biologiques et plus précisément par le temps d'exposition des moustiques à l'insecticide qui a été de 3 heures dans notre cas et toute la nuit pour les autres. Néanmoins, le traitement a eu un impact significatif sur la mortalité des vecteurs durant les 2 quinzaines du test. Même si cet effet a diminué avec le temps, il montre que l'insecticide est efficace pendant au moins un mois. Compte tenu de la période d'émergence des arbovirus visés et de la dynamique des principaux vecteurs, un traitement unique annuel des animaux réalisé début octobre serait suffisant et représenterait un coût abordable pour les éleveurs locaux. En plus, ce traitement unique et sélectif limiterait l'impact de l'insecticide sur les organismes ciblés en n'ayant pas d'effet sur l'environnement. En effet, même s'il n'a que peu d'effet sur les Vertébrés terrestres, la deltaméthrine est très toxique pour les organismes aquatiques et certains autres arthropodes aériens comme les abeilles (44). Enfin, il serait bon également de vérifier l'impact de masse que pourrait avoir un traitement exhaustif du bétail dans la zone (avec une couverture supérieure à 80 %) sur les populations locales de moustiques zoophiles.

*Ma. uniformis* et *Cx. poicilipes* semblent être les vecteurs les plus sensibles à la deltaméthrine. Il serait donc intéressant de voir si des tests de sensibilité de nos vecteurs à la deltaméthrine au laboratoire (tubes OMS) pourraient confirmer ces résultats. Ceci est de première importance, si l'on sait que *Cx. poicilipes* et *Ma. uniformis* sont respectivement les vecteurs sur lesquels le plus de souches de VFVR et de VWN ont été isolées au Sénégal (6).

En plus de l'aspect médical et vétérinaire, la protection du bétail contre la nuisance culicidienne est d'une importance économique capitale. En effet, d'importantes pertes économiques (stress, perte de poids des animaux, morbidité) ont été associées à cette nuisance aux États-Unis et dans le nord du Canada (10, 16).

La deltaméthrine a une durée d'efficacité supérieure à 6 mois sur les moustiquaires imprégnées (47) et de plus de 3 mois pour les tentes prétraitées (13), alors que, comme l'ont montré les études précédentes (14, 17) ainsi que la nôtre, sur le bétail, la durée d'efficacité du traitement ne dépasse pas le mois. Cette durée d'efficacité relativement faible pourrait être liée à un problème de fixation de la substance active sur les poils ou la peau des bœufs, le sous dosage lors du traitement et en raison des conditions de terrain (lessivage par les pluies, « transpiration » de l'animal traité, exposition au soleil, etc.).

La recherche d'une formulation du produit qui se fixerait mieux sur le bétail rendrait beaucoup plus intéressante l'utilisation des bœufs traités à la deltaméthrine dans la lutte contre les vecteurs zoophiles de maladies.

L'absence de déviation trophique des vecteurs vers l'homme et le faible rendement des captures sur homme s'expliqueraient par une très forte zoophilie de ces vecteurs qui ont probablement préféré continuer la recherche de l'hôte favori pour leurs repas sanguins. En effet, même si le bétail est gardé la nuit dans des enclos au niveau des villages (dont le plus proche

de la mare est situé à environ 300 m), de nombreux chevaux se trouvaient aux environs immédiats de la mare au cours de l'expérimentation. Ces animaux et les Vertébrés sauvages ont pu constituer des hôtes alternatifs pour les vecteurs. Le traitement des bœufs à la deltaméthrine protégerait ainsi les animaux sans exposer davantage les éleveurs cohabitant avec le bétail.

## Remerciements et financement

Nous remercions les habitants du village de Barkedji pour leur hospitalité.

Ce travail a été financé par l'Institut Pasteur de Dakar.

## Références bibliographiques

- ABBOTT WS – A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Ent*, 1925, **18**, 265-267.
- BA Y, DIALLO D, DIA I & DIALLO M – Comportement trophique des vecteurs du virus de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal : implications dans l'épidémiologie de la maladie. *Bull Soc Pathol Exot*, 2006, **99**, 283-289.
- BASKERVILLE A, HUBBARD KA & STEPHENSON JR – Comparison of the pathogenicity for pregnant sheep of Rift Valley fever virus and a live attenuated vaccine. *Res Vet Sci*, 1992, **52**, 307-311.
- BUNNING ML, BOWEN RA, CROPP B, SULLIVAN K, DAVIS B *et al.* – Experimental infection of horses with West Nile virus and their potential to infect mosquitoes and serve as amplifying hosts. *Ann NY Acad Sci*, 2001, **951**, 338-339.
- CDC – Centers for Disease Control and Prevention, Division of Vector-Borne Infectious Diseases, West Nile Virus, Entomology. <http://www.cdc.gov/ncidod/dvbid/westnile/mosquitoSpecies.htm>, 2005.
- CRORA - Centre collaborateur OMS de référence et de recherche sur les arbovirus africains. Base de données sur les caractéristiques d'arbovirus africains isolés par l'Institut Pasteur de Dakar. [www.pasteur.fr/recherche/banques/CRORA/2005](http://www.pasteur.fr/recherche/banques/CRORA/2005).
- DARRIET F, N'GUESSAN R, KOFFI AA, KONAN L, DOANIO JMC *et al.* – Impact de la résistance aux pyréthrinoides sur l'efficacité des moustiquaires imprégnées dans la prévention du paludisme : résultats des essais en cases expérimentales avec la deltaméthrine SC. *Bull Soc Pathol Exot*, 2000, **93**, 131-134.
- DIAGNE N, FONTENILLE D, KONATE L, FAYE O, LAMIZANA MT *et al.* – Les anophèles du Sénégal. Liste commentée et illustrée. *Bull Soc Pathol Exot*, 1994, **87**, 267-277.
- DIALLO M, NABETH P, BA K, SALL AA, BA Y *et al.* – Mosquito vectors of the 1998-1999 outbreak of Rift Valley Fever and other arboviruses (Bagaza, Sanar, Wesselsbron and West Nile) in Mauritania and Senegal. *Med Vet Entomol*, 2005, **19**, 119-126.
- DRUMMOND RO, LAMBERT G, SMALLEY HE & TERRILL CE – Estimated losses of livestock to pests. In: PIMENTEL D (Eds), *Handbook of Pest Management in Agriculture*. CRC Press, Inc, Boca Raton, 1981, pp. 111-127.
- DOUTRESSOLE G – *L'élevage en Afrique Occidentale Française*, Paris, 1947.
- EDWARDS FW – *Mosquitoes of the Ethiopian region. III Culicine adults and pupae*. British Museum (Natural History), London, United Kingdom, 1941, 499pp.
- GRAHAM K, REHMAN H, AHMAD M, KAMAL M, KHAN I & ROWLAND M – Tents pre-treated with insecticide for malaria control in refugee camps: an entomological evaluation. *Malar J*, 2004, **3**, 25.
- HABTEWOLD T, PRIOR A, TORR SJ & GIBSON G – Could insecticide treated cattle reduce afro-tropical malaria transmission? Effects of deltamethrin-treated Zebu on *Anopheles arabiensis* behaviour and survival in Ethiopia. *Med Vet Entomol*, 2004, **18**, 408-417.
- HAYES EB, KOMAR N, NASCI RS, MONTGOMERY SP, O'LEARY DR & CAMPBELL GL – Epidemiology and transmission dynamics of West Nile Virus disease. *Emerg Infect Dis*, 2005, **11**, 1167-1173.
- HEARLE E – *The mosquitoes of the lower Fraser Valley and their control*. Report n° 17, National Research Council, Ottawa, 1926.
- HEWITT S & ROWLAND M – Control of zoophilic malaria vectors by applying pyrethroid insecticides to cattle. *Trop Med Int Health*, 1999, **4**, 481-486.
- HOGAN AG & SKOUBY CI – Determination of the surface area of cattle and swine. *J Agri Res*, 1923, **25**, 419-429.
- HOOGSTRAAL H, MEEGAN JM, KHALIL GM & ADHAM FK – The Rift Valley fever epizootic in Egypt 1977- 1978. 2. Ecological and entomological studies. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 1979, **73**, 624-629.
- JOUAN A, LE GUENNO B, DIGOUTTE JP, PHILIPPE B, RIOU O & ADAM F – An RVF epidemic in southern Mauritania. *Ann Inst Pasteur Virol*, 1988, **139**, 307-308.
- KUNTZ KJ, OLSON JK & RADE BJ – Role of domestic animals as hosts for blood-seeking females of *Psorophora columbiae* and other mosquito species in Texas rangelands. *Mosq News*, 1982, **42**, 202-210.
- KOK DJ, FOURIE LJ, LOOMES MD & OBEREM PT – Interbreed differences in the efficacy of 1% deltamethrin pour-on to protect small livestock against infestation with *Ixodes rubicundus* (Acari: Ixodidae). *Vet Parasitol*, 1996, **63**, 109-117.
- LAUGHLIN LW, MEEGAN JM, STRAUSBAUGH LJ, MORENS DM & WATTEN RH – Epidemic Rift Valley fever in Egypt: observations of the spectrum of human illness. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 1979, **73**, 630-633.
- LINTHICUM KJ, ANYAMBA A, TUCKER CJ, KELLEY PW, MYERS MF & PETERS CJ – Climate and satellite indicators to forecast Rift Valley fever epidemics in Kenya. *Science*, 1999, **285**, 397-400.
- LOFTIN KM, BYFORD RL, CRAIG ME & STEINER RL – Evaluation of cattle insecticide treatments on attraction, mortality, and fecundity of mosquitoes. *J Am Mosq Control Assoc*, 1996, **12**, 17-22.
- McINTOSH BM, JUPP PG, DOS SANTOS I & MEENEHAN GM – Epidemics of West Nile and Sindbis viruses in South Africa with *Culex (Culex) univittatus* Theobald as vector. *S Afr J Sci*, 1976, **72**, 295-300.
- McLAUGHLIN RE, FOCKS DA & DAME DA – Residual activity of permethrin on cattle as determined by mosquito bioassay. *J Am Mosq Control Assoc*, 1989, **5**, 60-63.
- MILLER BR, GODSEY MS, CRABTREE MB, SAVAGE HM, ALMAZRAO Y *et al.* – Isolation and genetic characterization of Rift Valley fever from *Aedes vexans arabiensis*, Kingdom of Saudi Arabia. *Emerg Infect Dis*, 2002, **8**, 1492-1494.
- MINKE JM, SIGER L, KARACA K, AUSTGEN L, GORDY P *et al.* – Recombinant canarypoxvirus vaccine carrying the prME genes of West Nile virus protects horses against a West Nile virus-mosquito challenge. *Arch Virol (Suppl)*, 2004, **221-230**.
- MOLAEI G, ANDREADIS TA, ARMSTRONG PM, ANDERSON JF & VOSSBRINCK CR – Host feeding patterns of *Culex* mosquitoes and West Nile virus transmission, northeastern United States. *Emerg Infect Dis*, 2006, **12**, 468-474.
- MOSTASHARI F, BUNNING ML, KITSUTANI PT, SINGER DA, NASH D *et al.* – Epidemic West Nile encephalitis, New York, 1999: results of a household-based seroepidemiological survey. *Lancet*, 2001, **358**, 261-264.
- MONATH TP, LIU J, KANESA-THASAN N, MYERS GA, NICHOLS R *et al.* – A live, attenuated recombinant West Nile virus vaccine. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2006, **103**, 6694-6699.
- MULLEN BA, VELTEN RK, GERRY AC, BRAVERMAN Y & ENDRIS RG – Feeding and survival of *Culicoides sonorensis* on cattle treated with permethrin or pirimiphos-methyl. *Med Vet Entomol*, 2000, **14**, 313-20.
- MULLER R, SALUZZO JF, LOPEZ N, DREIER T, TURELL M *et al.* – Characterization of clone 13, a naturally attenuated avirulent isolate of Rift Valley fever virus, which is altered in the small segment. *Am J Trop Med Hyg*, 1995, **53**, 405-411.
- MURGUE B, ZELLER H & DEUBEL V – The ecology and epidemiology of West Nile virus in Africa, Europe and Asia. *Curr Top Microbiol Immunol*, 2002, **267**, 195-221.
- NABETH P, KANE Y, ABDALAH MO, DIALLO M, NDIAYE K *et al.* – Rift Valley fever outbreak, Mauritania, 1998: seroepidemiologic, virologic, entomologic, and zoologic investigations. *Emerg Infect Dis*, 2001, **7**, 1052-1054.
- NASCI RS, McLAUGHLIN RE, FOCKS D & BILLODEAUX JS – Effect of topically treating cattle with permethrin on blood feeding of *Psorophora columbiae* (Diptera: Culicidae) in a South-western Louisiana rice-pasture ecosystem. *J Med Entomol*, 1990, **27**, 1031-1034.
- NASHER AAW, SHIBAN AK, ERIYANI MA, ALY BOURGY A, AL KOHLANI AH *et al.* – Outbreak of Rift Valley fever, Yemen, August-October 2000. *Wkly Epidemiol Rec*, 2000, **75**, 392-395.
- NG T, HATHAWAY D, JENNINGS N, CHAMP D, CHIANG YW & CHU HJ – Equine vaccine for West Nile virus. *Dev in Bio Stand (Basel)*, 2003, **114**, 221-227.

40. OKELLO ONEN J, HEINONEN R, SSEKITTO CM, MWAYI WT, KAKAIRE D & KABAREMA M – Control of tsetse flies in Uganda by dipping cattle in deltamethrin. *Trop Anim Health and Prod*, 1994, **26**, 21-27.
41. O'LEARY DR, MARFIN AA, MONTGOMERY SP, KIPP AM, LEHMAN JA et al. – The epidemic of West Nile virus in the United States, 2002. *Vect Born Zoon Dis*, 2004, **4**, 61-70.
42. OMS – Fièvre de la Vallée du Rift au Soudan. OMS, 2007, bulletin n°3, 22 nov. [http://www.who.int/csr/don/2007\\_11\\_22/fr/index.html](http://www.who.int/csr/don/2007_11_22/fr/index.html).
43. OMS – Flambées de fièvre de la vallée du Rift au Kenya, en Somalie et en République-Unie de Tanzanie, décembre 2006-avril 2007. *Rel épidem hebdo*, 2007, **82**, 169-180.
44. OMS – Deltamethrin. *Environmental Health Criteria 97*. World Health Organization, Geneva, 1990.
45. ROWLANDS GJ, LEAK SGA, MULATU W, NAGDA SM, WILSON A & D'IETEREN GDM – Use of deltamethrin 'pour-on' insecticide for the control of cattle trypanosomosis in the presence of high tsetse invasion. *Med Vet Entomol*, 2001, **15**, 87-96.
46. SEXTON JD – Impregnated bed nets for malaria control: biological success and social responsibility. *Am J Trop Med Hyg*, 1994, **50**, 72-81.
47. SHARMA SK, UPADHYAY AK, HAQUE MA, PADHAN K, TYAGI PK et al. – Village-scale evaluation of mosquito nets treated with a tablet formulation of deltamethrin against malaria vectors. *Med Vet Entomol*, 2005, **19**, 286-292.
48. SCHMIDTMANN ET, LLOYD JE, BOBIAN RJ, KUMAR R, WAGONER JW et al. – Suppression of mosquito (Diptera: Culicidae) and black fly (Diptera: Simuliidae) blood feeding from Hereford cattle and ponies treated with permethrin. *J Med Entomol*, 2001, **38**, 728-734.
49. SMITHBURN KC – Rift Valley fever: the neurotropic adaptation of the virus and the experimental use of the modified virus as a vaccine. *Brit J Exp Path*, 1949, **30**, 1-16.
50. THOMSON JW, MITCHELL R, REES RB, SHERENI W, SCHOENFELD AH & WILSON A – Studies on the efficacy of deltamethrin applied to cattle for the control of tsetse flies (*Glossina* spp.) in Southern Africa. *Trop Anim Health Prod*, 1991, **23**, 221-226.
51. THONNON J, PICQUET M, THIONGANE Y, LO M, SYLLA R & VERCRUYSE J – Rift Valley fever surveillance in the lower Senegal river basin: update 10 years after the epidemic. *Trop Med Int Health*, 1999, **4**, 580-585.
52. TRAORE-LAMIZANA M, FONTENILLE D, DIALLO M, BA Y, ZELLER HG et al. – Arbovirus surveillance from 1990 to 1995 in the Barkedji area (Ferlo) of Senegal, a possible natural focus of Rift Valley fever virus. *J Med Entomol*, 2001, **38**, 480-492.
53. VALE GA, MUTIKA G & LOVEMORE DF – Insecticide-treated cattle for controlling tsetse flies (Diptera: Glossinidae): some questions answered, many posed. *Bull Entomol Res*, 1999, **89**, 569-578.
54. WOODS C, KARPATI A, GREIN T, MCCARTHY M, GATURUKU P et al. – An outbreak of Rift Valley fever in north-eastern Kenya, 1997-1998. *Emerg Infect Dis*, 2002, **8**, 138-144.