

Comportement trophique des vecteurs du virus de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal : implications dans l'épidémiologie de la maladie.

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

(1) Laboratoire d'entomologie médicale, Institut Pasteur de Dakar, BP 220 Dakar, Sénégal. Tél. : 221 839 92 27, fax : 221 839 92 10, e-mail : ba@pasteur.sn

(2) Département de biologie animale, Université Cheikh-Anta-Diop de Dakar, Sénégal.

Manuscrit n° 2947. "Entomologie médicale". Reçu le 20 avril 2006. Accepté le 4 juillet 2006.

Summary: Feeding pattern of Rift Valley Fever virus vectors in Senegal. Implications in the disease epidemiology.

During the rainy season 2003, an entomological survey was undertaken in the Sahelian bioclimatic zone of the Ferlo area in northern Senegal, in order to evaluate the degree of interaction between Rift valley fever (RVF) virus vectors and domestic animals and to determine the role of natural vertebrate hosts in the transmission and maintenance cycle. The study of vector-host contact was carried out under bed net traps using man, cow, sheep, chicken as bait whereas the RVFV vectors-vertebrate host interactions were studied through the analysis by an ELISA technique, of the origin of the blood meals from naturally engorged females collected by aspiration. Blood meals sources were determined using a set of eight antibodies. Overall, the different known RVFV vectors (*Culex poicillipes*, *Aedes vexans* and *Aedes ochraceus*) were opportunistic although the bovine-baited net was, by far, the most effective trap with 53.6% of collected mosquitoes. It was followed by the sheep-baited net (16.7%), man-baited net (12.6%) and chicken-baited net (11.6%). The effectiveness of the bovine-baited net confirms the degree of implication of this host in RVF epidemiology. The study of vector-hosts interactions in nature showed that among the 1112 mosquito blood meals tested, 701 were identified, of which 693 were from *Aedes vexans*. The percentage of non-reacting blood meal was 36.7% whereas 16.9% of the blood meals were taken at least on two vertebrate hosts. Overall, 53.2% of the blood meals from *Ae. vexans* were taken on equine, 18.6% on bovines, 7.1% on sheep and 0.6% on human. No blood meal was taken on rodent. The greatest diversity was observed in August. These host feeding patterns show that although equine is known to play a minor role in RVF epidemiology, a thorough attention should be made to this host with regard to the percentage of blood meals taken in this host and could probably explain the low human infection rate observed up to now in Senegal. With the high percentage of non-reacting blood meals, our results also underline the necessity of an improvement of ELISA techniques and the use of more reliable tools as molecular markers for an exhaustive identification of vertebrates hosts involved in RVF epidemiological cycle.

Résumé:

Au cours de la saison des pluies 2003, une étude entomologique a été conduite dans la zone sylvo-pastorale du Ferlo au Sénégal pour évaluer le degré d'interaction vecteurs-hôtes domestiques et pour déterminer le rôle des hôtes naturels des vecteurs dans le cycle de maintien et de transmission du virus de la fièvre de la vallée du Rift (RVF). Le contact vecteurs-hôtes domestiques a été étudié pour l'homme, le bovin, le mouton et le poulet à l'aide de moustiquaires-pièges, alors que les interactions vecteurs-vertébrés dans la nature ont été étudiées à travers l'analyse des repas de sang de vecteurs naturellement gorgés. Les repas des moustiques naturellement gorgés ont été testés vis-à-vis de huit anticorps. De façon générale, les vecteurs connus de la RVF (*Culex poicillipes*, *Aedes vexans* and *Aedes ochraceus*) ont été opportunistes, bien que les bovins aient été de loin les animaux les plus attractifs. La moustiquaire à appât « veau » a été la plus productive avec 53,6 % des captures, suivie des moustiquaires à appât « moutons » (16,7 %), « homme » (12,6 %) et « poulets » (11,6 %). L'étude des interactions vecteurs-hôtes dans la nature à travers l'analyse des repas de sang a montré que, parmi 1112 repas testés, 701 avaient été déterminés, dont 693 appartenaient à l'espèce *Aedes vexans*. Le pourcentage de repas ne réagissant avec aucun des anticorps testés a été de 36,7 % alors que 16,9 % des repas ont été pris au moins sur deux hôtes vertébrés. Globalement, 53,2 % des repas d'*Ae. vexans* ont été pris sur équins, 18,6 % sur bovins et 7,1 % sur ovins. Aucun repas n'a été pris sur rongeurs. La plus grande diversité d'hôtes a été observée au mois d'août. Les implications épidémiologiques de ces résultats ont été discutées.

Rift valley fever
vector
arbovirus
attractiveness
feeding behaviour
Barkedji
Ferlo
Senegal
Sub-Saharan Africa

fièvre de la vallée du Rift
vecteur
arbovirus
attractivité
comportement trophique
Barkédji
Ferlo
Sénégal
Afrique intertropicale

Introduction

La fièvre de la vallée du Rift (RVF) est une maladie virale transmise par les moustiques à l'homme et au bétail. La contamination de l'homme peut également se faire par aérosols ou par contact direct avec le sang ou autres liquides provenant d'un animal infecté. Les infections chez l'homme peuvent conduire dans les formes sévères à des fièvres hémorragiques et à des complications (rétinite, encéphalites et hépatites). Chez les animaux, la maladie entraîne des taux élevés d'avortement des brebis gestantes et de mortalité des jeunes. La RVF est de ce fait considérée comme un problème de santé publique et vétérinaire majeur, comme en témoignent les différentes manifestations épidémiques en Afrique (2, 16, 24, 35, 36) et, pour la première fois en 2000, hors du continent africain (3, 21). Au Sénégal, suite à l'épidémie de RVF en 1987 en Mauritanie, un programme de surveillance active animale et entomologique a été mis en place dans plusieurs zones biogéographiques du pays. Ces études avaient permis de mettre en évidence à plusieurs reprises la circulation du virus de la RVF, mais également d'établir un schéma probable de transmission calqué sur le modèle de l'Afrique de l'Est (37). Malgré les nombreuses données accumulées au fil des années, des questions restent encore posées. L'existence d'un cycle enzootique de ce virus soulève la question de ses mécanismes de transmission et de maintien d'une année à l'autre ou sur plusieurs années. Plusieurs hypothèses sont émises pour expliquer ces étapes importantes du cycle de transmission du virus.

Le virus pourrait se maintenir en période défavorable dans les œufs de moustiques *Aedes* par l'intermédiaire de la transmission verticale du virus d'une femelle infectée à sa descendance ou à travers des cycles secondaires de transmission à bas bruit impliquant des vertébrés sauvages.

Cependant, la transmission verticale, bien que démontrée expérimentalement (33) et mise en évidence dans la nature (19, 23), se produit à des taux habituellement si faibles qu'il paraît difficile de la considérer comme l'unique mécanisme d'entretien du virus dans ce cycle enzootique. C'est pourquoi d'autres mécanismes de maintien du virus impliquant des hôtes vertébrés sauvages non encore identifiés pouvant jouer le rôle de réservoirs sont soupçonnés. Une telle hypothèse est étayée par les infections notées pendant des manifestations de la maladie chez un certain nombre d'animaux domestiques comme les ânes, les chevaux, les chiens, les rongeurs et les chauve-souris, mais également chez des micromammifères sauvages, des reptiles et des batraciens inféodés aux mares temporaires, zone de circulation privilégiée du virus (18, 27). Dans d'autres arboviroses, comme la fièvre West Nile (WN), l'existence de réservoirs du virus est aussi fortement suspectée depuis la découverte de trace d'infection chez les reptiles (30).

Cette implication fortement suspectée de ces vertébrés sauvages dans le cycle de maintien et de transmission des arbovirus dans la nature et leur abondance dans le milieu confèrent un intérêt particulier à leur étude pour une meilleure compréhension de leur rôle dans ces processus. Un des moyens d'y parvenir est de les capturer et de les prélever pour un diagnostic virologique. Mais cette démarche se heurte à la difficulté de mettre en évidence le virus du fait :

- de la durée brève de la virémie chez les animaux;
- de leur immunité acquise suite à leur première infection;
- de la durée de vie relativement courte des anticorps spécifiques indicateurs d'infections récentes (IgM);
- et de la difficulté de recenser tous les vertébrés qui pourraient intervenir dans le cycle de transmission.

La recherche de ces animaux à travers l'analyse des repas de sang des moustiques en les testant avec les anticorps d'une gamme de vertébrés des zones de circulation ou d'étude constituerait une solution alternative pour aborder la question.

En dehors des processus de maintien, la compréhension de la diffusion du virus de la RVF par les vecteurs exige une identification des hôtes les plus importants et une évaluation de leur association dans l'espace et dans le temps avec les vecteurs. Au Sénégal, dans le cadre de programmes de surveillance des arboviroses, plusieurs espèces de moustiques (6, 9) ainsi que l'homme et le bétail (32, 34) ont été trouvés naturellement infectés par le virus de la RVF. Cependant, la voie d'infection de l'homme et du bétail (vectorielle ou par aérosols) et son ampleur demeurent non élucidées. L'hypothèse selon laquelle l'interconnexion entre les cycles enzootiques et épizootiques/épidémiques est assurée par des moustiques infectés qui quitteraient les points d'eau pour venir transmettre en milieu domestique a été vérifiée à travers une étude de l'activité dispersive des moustiques. Les résultats obtenus ont démontré cette possibilité, mais sur un rayon d'action assez limité (4). Cependant, malgré cette indication du contact possible en milieu domestique entre les vertébrés et les vecteurs du virus, il est encore difficile de statuer sur la part de chaque hôte vertébré domestique potentiel dans les cycles de transmission, du fait de la nature parcellaire des données épidémiologiques disponibles, mais surtout du manque de données d'incidence ou d'absence d'études dans certaines zones. En effet, des études réalisées dans différents contextes géographiques ont montré que les ruminants, en particulier les bovins, les ovins et les caprins sont les animaux domestiques les plus affectés par la maladie. Le passage du virus à l'homme semblait accidentel, particulièrement dans les pays d'Afrique de l'Ouest à l'exception de la Mauritanie. À titre d'exemple, en 1993 au Sénégal, lorsque le virus RVF avait été isolé de moustiques capturés en fin de saison des pluies (10 souches isolées d'*Ae. vexans* et 3 souches d'*Ae. ochraceus*) à Barkédji dans la zone sylvopastorale du Ferlo, une seule souche du virus avait été isolée d'un bovin et aucun cas humain n'avait été signalé. De plus, il avait été noté une absence d'anticorps IgM chez le bétail durant la saison sèche et en fin de saison des pluies dans la même localité (37). Ceci laissait suggérer que la transmission vectorielle n'avait pas atteint un seuil permettant de déboucher sur une épizootie. Dans d'autres contextes géographiques, des situations différentes ont été observées. Cela a été le cas en Égypte en 1977 et 1993 (2, 22), en Mauritanie en 1987 et 1998 (16, 24) et, plus récemment, en Arabie Saoudite en 2000 et 2001 (20, 21), où des épidémies/épizooties meurtrières avaient eu lieu. Dans toutes ces situations, la grande sensibilité des populations animales a été mise en cause (1), mais également l'efficacité du vecteur, notamment en Égypte avec *Cx. pipiens*, un moustique très zoo-anthropophile et très bien adapté à l'environnement domestique (10, 11). Ces différentes observations laissent ainsi présager que le rôle du moustique et surtout sa fréquence de contact avec les différents hôtes vertébrés devrait être pris en compte.

Pour élucider les voies de la transmission et quantifier le rôle de chaque élément identifié dans les cycles de transmission, nous avons évalué à l'aide de moustiquaire-pièges le degré d'interaction vecteurs-hôtes domestiques.

Matériel et méthodes

Site d'étude

Notre étude a été conduite aux voisinages de la mare de Niakha située à 4 km du village de Barkédji (15°17 N, 14°53 W) au

nord-est du Sénégal. La zone est caractérisée par l'existence d'un réseau de mares temporaires permettant l'exploitation des pâturages par les ruminants pendant la saison des pluies. La zone est comprise entre les isohyètes 500 et 650 mm. Les arbres au niveau des mares abritent souvent de nombreux nids de plusieurs espèces d'oiseaux sauvages. Plusieurs espèces de petits carnivores, de reptiles et d'amphibiens peuplent également ces biotopes. Le cheptel est composé principalement de bovins et d'ovins avec quelques équins, dromadaires et des volailles.

L'habitat humain est généralement constitué de petits villages répartis autour des mares temporaires.

Échantillonnage et traitement des moustiques

L'étude du comportement trophique des moustiques a été réalisée par deux méthodes : une méthode directe par analyse des repas de sang pris par les moustiques trouvés gorgés dans la nature et une méthode indirecte par comparaison de l'attrait d'un certain nombre d'hôtes sur les moustiques. L'étude a été réalisée par des échantillonnages mensuels de juillet à novembre 2003. Les moustiques naturellement gorgés ont été récoltés par aspiration de l'aire environnante de la mare de Niakha, à l'aide d'aspirateurs électriques de type Backpack Aspirator (BioQuip Products, Inc.), très tôt le matin, durant une heure et trente minutes.

L'attractivité des appâts sur les vecteurs a été étudiée à l'aide de cinq moustiquaires-pièges placées au bord de la mare de Niakha. L'une des moustiquaires était maintenue vide et servait de témoin. Les quatre autres moustiquaires étaient respectivement occupées par un homme, un veau, deux moutons et six poulets pour pondérer l'effet poids et la production de CO₂. Afin de protéger les différents hôtes des piqûres de moustiques, nous avons utilisé un système de moustiquaires-pièges constitués de deux moustiquaires disposées l'une dans l'autre. La première (1,5 m x 1 m x 1,5 m) est tendue et fixée à des piquets de 1,50 m. Le bas de cette première moustiquaire est à même le sol. La seconde de dimensions (2 m x 2 m x 2 m), est tendue et fixée à des piquets de 2 m. Le bas de cette moustiquaire est 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 18 h à 7 h du matin. Les moustiques piégés sont récupérés à l'aide d'un aspirateur électrique entre 0 h et 0 h 30 et entre 6 h 30 et 7 h. Afin d'éviter les biais relatifs au positionnement, une rotation des moustiquaires-pièges a été effectuée. Ainsi, 5 nuits constituaient un cycle qui était reproduit une nouvelle fois, soit 10 nuits d'échantillonnage par mois.

Après la récolte, les moustiques ont été identifiés morphologiquement (7, 17), puis les femelles naturellement gorgées ont été mises dans des tubes individuels et conservées dans de l'azote liquide. Au laboratoire, ces moustiques ont été ensuite conservés à -80 °C jusqu'à leur traitement. L'identification des repas de sang pris par les femelles a été effectuée par une technique ELISA directe (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) décrite par BEIER *et al.* (5) et légèrement modifiée. Une gamme d'hôtes comprenant les espèces de vertébrés habituellement trouvées dans la zone et comprenant l'homme, les bovins, les ovins, les canidés, les oiseaux, les équins, les rongeurs et les lagomorphes a été testée.

Analyse des résultats

Le taux d'attractivité a été défini comme étant le pourcentage des individus d'une espèce dans une moustiquaire donnée par

rapport au total des individus de la même espèce, collectés dans les différentes moustiquaires-pièges. Le taux de repas pris sur chaque hôte a été calculé comme le rapport entre le nombre de repas pris sur cet hôte sur le nombre total de repas déterminés. Les taux d'attractivité et les taux de repas pris sur les différents hôtes testés ont été comparés par le test du χ^2 avec un seuil de signification fixé à 5 % à l'aide d'Epi Info 6 Version 6.04.

Résultats

Les moustiquaires-pièges ont permis la récolte de 29 808 moustiques appartenant à 13 espèces d'*Aedes* (*Ae.*), 9 espèces de *Culex* (*Cx.*), 7 espèces d'*Anopheles* (*An.*), 3 espèces de *Mimomyia* (*Mi.*), 2 espèces de *Mansonia* (*Ma.*), 1 espèce d'*Uranotaenia* (*Ur.*) et 1 espèce d'*Aedeomyia* (*Ad.*). Seules les espèces déjà impliquées dans la transmission du virus WN et du virus RVF au Sénégal ont été représentées (tableau I).

Tableau I.

Moustiques collectés dans les différentes moustiquaires-pièges à Barkédji durant la saison des pluies 2003.

Mosquitoes collected in different bed net traps in Barkedji during the rainy season 2003.

espèces	nb de moustiques	moustiquaires-pièges				témoin
		homme	veau	mouton	poulet	
<i>Ae. dalzieli</i>	26	7	4	15	0	0
<i>Ae. fowleri</i>	3	0	0	3	0	0
<i>Ae. ochraceus</i>	377	25	284	61	6	1
<i>Ae. vexans</i>	6308	602	4563	848	272	23
<i>Ad. africana</i>	9	2	0	2	2	3
<i>Cx. antennatus</i>	338	15	268	44	7	4
<i>Cx. ethiopicus</i>	467	81	195	126	55	10
<i>Cx. neavei</i>	5567	760	989	1108	1572	1138
<i>Cx. perfuscus</i>	21	2	6	9	4	0
<i>Cx. poicilipes</i>	7757	1015	4774	887	899	182
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	248	80	65	81	19	3
<i>Ma. africana</i>	1842	412	621	425	225	159
<i>Ma. uniformis</i>	2183	219	1386	443	111	24
<i>Mi. splendens</i>	72	19	10	17	13	13
Autres espèces*	4590	529	2800	901	267	93
Total	29808	3768	15965	4970	3452	1653

Autres espèces = (*Ae. aegypti*, *Ae. argenteopunctatus*, *Ae. furcifer*, *Ae. luteocephalus*, *Ae. mcintoshi*, *Ae. metallicus*, *Ae. minutus*, *Ae. sudanensis*, *Ae. unilineatus*, *An. coustani*, *An. welcomei*, *An. gambiae*, *An. pharoensis*, *An. rufipes*, *An. squamosus*, *An. ziemanni*, *Cx. bitaeniorhynchus*, *Cx. annulioris*, *Cx. quinquefasciatus*, *Mi. mimomyiaformis*, *Mi. plumosa*)

La moustiquaire à appât « veau » a été la plus productive avec 53,6 % des captures, suivie des moustiquaires à appât « moutons » (16,7 %) « homme » (12,6 %) et « poulets » (11,6 %). Les captures de la moustiquaire témoin ont représenté 5,5 % du total de la récolte. *Culex neavei* Theobald a représenté 68,8 % des captures de la moustiquaire témoin.

De façon générale, les différentes espèces de moustiques étaient opportunistes.

Abondance des espèces

Aedes vexans Patton (21,2 %) a été l'espèce d'*Aedes* capturée la plus abondante. Elle constitue avec *Aedes ochraceus* (Theobald), *Aedes dalzieli* (Theobald) et *Aedes fowleri* (Charmoy), 95,0 % du total des *Aedes* capturés. *Culex poicilipes* (Theobald) (26,0 %) et *Culex neavei* (18,7 %) ont été les espèces de *Culex* les plus abondantes, suivies de *Culex ethiopicus* Edwards, *Culex antennatus* (Becker) et *Culex tritaeniorhynchus* Giles. *Culex perfuscus* Edwards a été peu attirée par les hôtes. *Mansonia uniformis* (Theobald) (7,3 %) et *Mansonia africana* (Theobald) (6,2 %) ont été assez abondantes. Les hôtes ont été peu attractifs pour *Aedeomyia africana* Neveu et *Mimomyia splendens* Theobald (tableau II).

Variations de l'attractivité des différentes moustiquaires

L'attractivité globale des différentes moustiquaires a varié de façon significative ($p \leq 10^{-6}$ ou $p \leq 10^{-4}$).

Le veau a été l'hôte le plus attractif pour *Ae. vexans* (72 %), *Ae. ochraceus* (75 %), *Cx. poicilipes* (61 %), *Cx. ethiopicus* (42 %), *Cx. antennatus* (79 %), *Ma. africana* (34 %) et *Ma. uniformis* (63 %). *Ae. dalzieli* (58 %) a été principalement collectée dans la moustiquaire à appât mouton. Elle n'a pas été attirée par le poulet. *Ae. fowleri* n'a été attiré que par le mouton. *Cx. tritaeniorhynchus* (33 %) et *Cx. neavei* (28 %) ont été principalement attirés par le mouton et le poulet respectivement (tableau II).

Ces attractivités préférentielles ont été globalement respectées au cours du temps.

Variations temporelles des taux d'attractivité

L'attractivité de l'homme sur les différentes espèces de moustiques a varié de façon significative durant la période d'étude pour toutes les espèces, à l'exception de *Ad. africana* ($p = 0,7$). Il en est de même pour le veau, à l'exception de *Ae. dalzieli* ($p = 0,06$), pour le mouton, à l'exception de *Ad. africana*

($p = 0,4$) et pour le poulet, à l'exception de *Mi. splendens* ($p = 0,3$) et *Ad. africana* ($p = 0,9$).

Préférences trophiques : analyse des repas sanguins

La méthode par aspiration a permis la récolte de 10 549 moustiques appartenant à 24 espèces. Un total de 1 115 spécimens représentant 10,6 % de la récolte a été trouvé à l'état gorgé. *Ae. vexans* avec 98,2 % des moustiques gorgés a été la principale espèce récoltée (97,8 %). Au total, l'origine du repas de sang de 1 112 individus gorgés a été testée par la technique ELISA. Parmi ces repas, 701 ont été déterminés, dont 693 appartiennent à *Ae. vexans*. Au total, 402 repas pris par *Ae. vexans* représentant 36,7 % n'ont réagi avec aucun des anticorps utilisés. Aucun des repas n'a été pris sur les rongeurs (tableau III).

Concernant les repas déterminés de l'espèce *Ae. vexans*, 576 ont réagi avec un anticorps, 115 avec deux anticorps et 2 avec 3 anticorps. Globalement, 53,2 % des repas d'*Ae. vexans* ont été pris sur équins, 18,6 % sur bovins et 7,1 % sur ovins. Les oiseaux, les lagomorphes et les canidés ont représenté respectivement 0,4 %, 0,4 % et 2,3 % des repas de cette espèce (tableau III).

Tableau II.

Variations du nombre de moustiques collectés dans les différentes moustiquaires-pièges à Barkédji durant la saison des pluies 2003.

Variations of the number of mosquitoes collected in different bed net traps in Barkedji during the rainy season 2003.

espèces	moustiques collectés dans les moustiquaires-pièges																									
	juillet					août					septembre					octobre					novembre					
	H	V	M	P	T	H	V	M	P	T	H	V	M	P	T	H	V	M	P	T	H	V	M	P	T	
<i>Ae. dalzieli</i>	1	0	4	0	0	4	3	8	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ae. fowleri</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ae. ochraceus</i>	8	2	10	3	1	2	13	6	0	0	12	213	34	3	0	3	56	11	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ae. vexans</i>	400	510	236	109	11	153	2917	395	145	11	40	1089	171	18	1	9	47	46	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ad. africana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	3	3
<i>Cx. antennatus</i>	10	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	4	237	38	3	1	1	22	1	1	4	4
<i>Cx. ethiopicus</i>	0	0	0	0	0	38	65	33	17	2	32	85	34	24	1	4	40	53	3	0	7	5	6	11	7	
<i>Cx. neavei</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	10	10	0	10	17	79	32	0	738	963	1019	1530	1137	
<i>Cx. perfuscus</i>	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cx. poicilipes</i>	38	32	21	30	1	13	29	7	4	0	50	227	77	59	1	427	2109	468	332	12	487	2377	314	474	168	
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	75	56	77	17	3	4	9	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ma. africana</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	12	15	30	4	0	167	232	191	47	26	232	374	204	173	133	
<i>Ma. uniformis</i>	3	2	2	1	7	14	14	0	0	0	50	300	112	14	0	131	932	309	78	12	28	140	6	17	11	
<i>Mi. splendens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	19	9	15	12	11	
Autres espèces*	36	30	52	23	2	39	87	53	17	0	66	345	121	15	0	41	1339	477	66	1	347	999	198	146	90	
Total	599	646	435	191	20	296	3187	559	197	13	302	2347	659	160	5	796	5012	1674	561	51	1862	4889	1765	2366	1564	

H = homme, V = veau, M = mouton, P = poulet, T = témoin

Tableau III.

Origine des repas de sang de femelles de moustiques collectées par aspiration à Barkédji durant la saison des pluies 2003.

Origin of blood meals from female mosquitoes collected by aspiration in Barkedji during the rainy season 2003.

espèces	collectés	gorgés	testés	hôtes vertébrés (%)							rongeur	négatifs	mixtes
				homme	équin	bovin	ovin	poulet	lapin	canidé			
<i>Ae. aegypti</i>	4	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ae. vexans</i>	10315	1095	1095	7 (0,6)	369 (33,7)	129 (11,8)	49 (4,5)	3 (0,3)	3 (0,3)	16 (1,5)	0 (0)	402 (36,7)	117 (10,7)
<i>Ae. sudanensis</i>	45	1	1	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (100)	0 (0)
<i>Ae. dalzieli</i>	3	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ae. furcifer</i>	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ae. metallicus</i>	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ae. minutus</i>	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ae. argenteopunctatus</i>	12	6	6	0	1 (16,7)	1 (16,7)	1 (16,7)	0	0	0	0	3 (50)	0 (0)
<i>Ae. ochraceus</i>	11	3	3	0 (0)	0 (0)	1 (33,3)	1 (33,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (33,3)	0 (0)
<i>Ae. unilineatus</i>	5	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cx. perfuscus</i>	8	3	3	1 (33,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (66,7)	0 (0)
<i>Cx. poicilipes</i>	3	1	1	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (100)	0 (0)
<i>Cx. antennatus</i>	5	1	1	0 (0)	1 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>Cx. annulioris</i>	56	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cx. decens</i>	6	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cx. ethiopicus</i>	22	3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cx. neavei</i>	9	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	9	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mi. splendens</i>	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ur. mayeri</i>	4	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ma. uniformis</i>	5	1	1	1 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>An. pharoensis</i>	15	1	1	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (100)	0 (0)
<i>An. gambiae</i>	3	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>An. squamosus</i>	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	10549	1115	1112	9	371	131	51	3	3	16	0	411	117

Tableau IV.

Variations mensuelles de l'origine des repas de sang simples et mixtes des femelles d'*Ae. vexans* collectées par aspiration à Barkédji durant la saison des pluies 2003.

Monthly variations of the origin of single or mixed blood meals from *Aedes vexans* females collected in Barkédji during the rainy season 2003.

repas	juillet		août		septembre		total	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
repas simples								
homme	0	0	5	0,8	2	4,8	7	1
bovin	0	0	123	19,3	6	14,3	129	18,6
équin	1	6,7	357	56,1	11	26,2	369	53,2
ovin	11	73,3	33	5,2	5	11,9	49	7,1
poulet	0	0	3	0,5	0	0	3	0,4
canidé	0	0	16	2,5	0	0	16	2,3
lapin	0	0	3	0,5	0	0	3	0,4
rongeur	0	0	0	0	0	0	0	0
total	15	100	636	100	42	100	693	100
repas mixtes								
bovin/ovin	3	100	65	67,7	12	66,7	80	68,4
bovin/poulet	0	0	2	2,1	0	0	2	1,7
bovin/canidé	0	0	1	1	0	0	1	0,9
homme/équin	0	0	3	3,1	3	16,7	6	5,1
équin/ovin	0	0	2	2,1	0	0	2	1,7
équin/bovin	0	0	14	14,6	3	16,7	17	14,5
homme/canidé	0	0	1	1	0	0	1	0,9
poulet/canidé	0	0	3	3,1	0	0	3	2,6
équin/canidé	0	0	3	3,1	0	0	3	2,6
bovin/ovin/lapin	0	0	1	1	0	0	1	0,9
homme/équin/poulet	0	0	1	1	0	0	1	0,9
total	3	100	96	100	18	100	117	100

Au cours du temps, *Ae. vexans* s'est gorgé préférentiellement sur ovins en juillet, sur équin en août et en septembre. Le taux de repas pris sur homme a été faible et a représenté seulement 2,2 %. Ces repas ont été observés seulement en août et en septembre. Les variations des taux de repas pris sur homme ($p = 0,0048$), équin ($p = 3 \cdot 10^{-5}$) et ovin ($p < 10^{-6}$) ont été très significatives au cours du temps. L'essentiel des repas mixtes a été constitué de repas « bœuf-ovin ». La moitié des repas mixtes (7/15) impliquant l'homme a également concerné les équins. La proportion de repas mixtes a été plus importante en août (82 %). Ces repas mixtes ont présenté des variations très significatives au cours du temps ($p < 10^{-4}$), mais également entre août et septembre ($p < 10^{-4}$). La plus grande diversité d'hôtes a été observée en août (tableau IV).

Discussion et conclusions

L'étude des préférences trophiques des moustiques dans la nature est difficile et dépend de plusieurs facteurs. L'origine des échantillons, les méthodes d'échantillonnage, l'abondance des vecteurs, la disponibilité, l'accessibilité, la passivité et la diversité des hôtes interviennent dans la diversité des repas et le pourcentage de moustiques gorgés. Par conséquent, une méthode d'échantillonnage adaptée à chacun des deux objectifs s'avérait nécessaire. C'est ainsi que nous avons utilisé les moustiquaires-pièges pour évaluer le contact vecteurs-animaux domestiques et la méthode par aspiration pour rechercher les hôtes sauvages à travers les repas des vecteurs. Cependant, comme toute méthode d'échantillonnage, elles ont présenté des limites. La méthode par aspiration n'a permis essentiellement que la récolte de femelles d'*Ae. vexans* gorgées. Malgré un effort soutenu, très peu d'individus gorgés des autres espèces ont été récoltés. Nous pensons que la tendance grégaire des populations d'*Ae. vexans* a facilité leur récolte, ce qui semble ne pas être le cas des autres espèces. Il n'est pas exclu que les autres espèces s'éloignent des environs immédiats des points d'eau que nous avons particulièrement prospectés. L'attractivité d'autres animaux domestiques comme le cheval, l'âne, le dromadaire, la volaille autre que le poulet..., autres hôtes probables importants d'arbovirus n'a pu être évaluée du fait de la lourdeur de l'expérience. De plus, les moustiquaires-pièges peuvent fonctionner comme

des pièges de repos (14). Cette observation expliquerait le pourcentage important de *Cx. neavei* dans la moustiquaire témoin. Cependant, pour les autres espèces, la proportion de spécimens collectée dans la moustiquaire témoin, comparée à celle collectée dans les moustiquaires à appât, montre clairement que les moustiques entrent principalement dans ces dernières en réponse à l'attrait de l'hôte.

Bien que les vecteurs aient adopté un comportement opportuniste, il a néanmoins été observé des tendances préférentielles des moustiques vis-à-vis des hôtes disponibles. Dans le cas des vecteurs majeurs connus du virus RVF en Afrique de l'Ouest (*Ae. vexans*, *Cx. poicilipes* et *Ae. ochraceus*), l'observation majeure faite à partir de l'étude d'attractivité est que les bovins sont de loin les animaux les plus piqués, alors que l'homme a été le moins attractif. La plus grande attirance des vecteurs par le bovin est en accord avec le degré d'implication de ce dernier dans l'épidémiologie de la RVF. En effet, ce dernier semble présenter des taux d'incidence en IgG plus élevés par rapport aux ovins et caprins (31, 37).

À côté de ces vecteurs majeurs, d'autres espèces déjà trouvées associées au virus de la RVF ont été collectées en grand nombre. Parmi ces espèces, *Cx. tritaeniorhynchus* a été principalement attiré par le mouton et l'homme, alors que les autres ont manifesté une tendance préférentielle, soit envers le veau (cas de *Ma. africana*, *Ma. uniformis*, *Cx. antennatus*), soit envers le mouton (*Ae. fowleri* et *Ae. dalzieli*). Cette tendance anthropophile de *Cx. tritaeniorhynchus* a déjà été observée dans la vallée du fleuve Sénégal par GORDON *et al.* (13). Le comportement zoophile des *Mansonia* et de *Cx. antennatus* a déjà été observé ailleurs (10, 28). Il en est de même pour *Ae. dalzieli*, dont la tendance préférentielle pour le mouton a été précédemment notée dans le sud-est du Sénégal (8).

Au cours de cette étude, d'autres espèces connues comme étant vecteurs d'autres arbovirus comme le virus WN ont également été collectées en grand nombre. Il s'agit principalement de *Cx. neavei*, dont l'hôte de prédilection, le poulet, était déjà connu de l'espèce (29).

L'étude des interactions vecteurs-hôtes dans la nature à travers l'analyse des repas de sang a montré que les équins sont les principaux hôtes d'*Ae. vexans*, suivis des bovins et des ovins. Ce profil trophique a déjà été signalé lors d'une étude antérieure réalisée dans la même zone de Barkédji (8). Cependant, cette étude présentait un biais majeur d'échantillonnage puisque les moustiques ont été collectés entre autres à partir de pièges à appât animaux. Le pourcentage important de repas pris sur équin s'explique essentiellement par le fait que ces animaux sont généralement trouvés la nuit autour de la mare. En effet, après leur corvée journalière, ânes et chevaux sont laissés en divagation et viennent en général au voisinage immédiat des mares où ils trouvent eau et pâturage. Par contre, bovins et ovins fréquentent les points d'eau la journée, principalement du fait de croyances traditionnelles locales qui font que les éleveurs évitent d'abreuver ces animaux au-delà de 18 heures. La prédominance des repas sur équin pourrait donc traduire plus une disponibilité qu'une préférence de ces derniers par rapport aux bovins et ovins.

Bien que des études aient montré que les chevaux sont insensibles à l'infection et font une faible virémie, les résultats obtenus suggèrent cependant qu'un intérêt particulier devrait leur être accordé du fait :

- de leur niveau d'exposition au virus, comme en témoignent les taux d'infection important (9,8 %) qu'ils présentent au Nigeria par exemple (25);
- du rôle qu'ils pourraient jouer dans l'infection des vecteurs par co-feeding, phénomène déjà observé expérimentalement avec le virus WN (15).

La rareté des repas pris sur homme et des infections humaines s'expliquerait également par les heures de fréquentation diurne de ces mares par les humains, alors que *Ae. vexans* est surtout actif la nuit. Ce faible taux d'engorgement sur homme avait déjà été noté aux Etats-Unis (12). Les résultats obtenus par rapport à l'homme sont également en parfaite concordance avec la place que celui-ci occupe dans le cycle de transmission de ce virus dans la zone. En effet, aucun cas humain de RVF n'a été à ce jour diagnostiqué dans la zone de Barkédji malgré les nombreux épisodes de circulation du virus (37). Une situation similaire impliquant une faible infection de l'homme comparée aux animaux a également été observée dans la vallée du fleuve Sénégal jouxtant la région du Ferlo (32). Cette discordance entre les niveaux d'infection des populations humaines et animales suggère très probablement des mécanismes d'exposition aux vecteurs différents (32).

Ae. vexans a également présenté un pourcentage important de repas mixtes, surtout au mois d'août. Cette période correspond au pic d'abondance de cette espèce (tableau II), mais également au plus grand nombre de combinaisons d'hôtes dans les repas. Ceci laisse suspecter que les densités élevées de vecteurs sont à l'origine d'une nuisance plus grande et par conséquent d'un effet de défense chez les hôtes. Cette tendance a comme corollaire d'amoindrir le taux de réussite d'engorgement complet des moustiques qui sont ainsi obligés de se rabattre sur un autre hôte pour une complète réplétion. Le mois d'août semble ainsi être la période la plus propice de diffusion du pathogène entre hôtes par l'intermédiaire d'*Ae. vexans*. C'est probablement à ce moment que l'espèce s'infecte chez les animaux réservoirs. La mise en circulation et l'amplification virale se produiraient par conséquent plus tardivement, expliquant ainsi le fait que les isolements du virus ne sont généralement obtenus des moustiques qu'en fin d'hivernage.

En plus des groupes d'animaux domestiques courants (équin, bovin, ovin) et de l'homme, *Ae. vexans* s'est également gorgé sur canidés, oiseaux et lagomorphes. Les faibles taux d'engorgement obtenus sur chiens sont comparables à ceux observés en Indiana (26).

Il a été noté également une absence de repas pris sur rongeurs et un nombre important de repas indéterminés. L'absence de repas sur rongeurs traduirait une faible attractivité de ce groupe sur *Ae. vexans* ou une non-superposition de la dynamique des deux populations. En effet, les rongeurs pullulent surtout en fin d'hivernage au moment où les populations d'*Ae. vexans* déclinent ou sont absentes (4).

Les faibles taux d'engorgement obtenus sur oiseaux, de même que l'absence de repas sur les rongeurs, peuvent également s'expliquer par un manque de spécificité des anticorps utilisés vis-à-vis des nombreuses espèces de ces deux groupes que l'on rencontre dans la zone. Ceci pourrait expliquer le nombre important de repas non identifiés qui peuvent provenir de ces groupes ou d'autres vertébrés comme les reptiles, les amphibiens, et autres mammifères sauvages qui sont abondants autour des points d'eau.

Des études complémentaires sont nécessaires, notamment l'amélioration du diagnostic immunologique ou la mise au point de techniques moléculaires permettant une identification exhaustive des espèces de vertébrés sur lesquels les moustiques se sont gorgés.

Remerciements

Nous remercions les habitants du village de Barkedji pour leur hospitalité. Ce travail a été financé par l'Institut Pasteur de Dakar.

Références bibliographiques

1. AL-AFALEQ AI, ABU ELZEIN EM, MOUSA SM & ABBAS AM – A retrospective study of Rift Valley fever in Saudi Arabia. *Rev Sci Tech*, 2003, **22**, 867-871.
2. ARTHUR RR, EL SHAAKAWAY MS, COPE SE, BOTROS BA, OUN S *et al.* – Recurrence of Rift Valley fever in Egypt. *Lancet*, 1993, **342**, 1149-1150.
3. AS-SHARIF A, AL SAYED M, SHIHRY A, AL KHOBAR, ABUDAHISH A, AL SHARIF A *et al.* – Outbreak of Rift Valley fever, Saudi Arabia, August-November 2000. *MMWeekly Report*, 2000, **49**, 982-986.
4. BA Y, DIALLO D, KEBE CM, DIA I & DIALLO M – Aspects of bioecology of two Rift Valley Fever Virus vectors in Senegal (West Africa): *Aedes vexans* and *Culex poicillipes* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*, 2005, **42**, 739-750.
5. BEIER JC, PERKINS PV, WIRTZ RA, KOROS J, DIGGS D *et al.* – Bloodmeal identification by direct enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) tested on *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in Kenya. *J Med Entomol*, 1988, **25**, 9-16.
6. DIALLO M, LOCHOUARN L, BA K, SALL AA, MONDO M *et al.* – First isolation of the Rift Valley fever virus from *Culex poicillipes* (Diptera: Culicidae) in nature. *Am J Trop Med Hyg*, 2000, **62**, 702-704.
7. EDWARDS FW – *Mosquitoes of the Ethiopian region. III Culicine adults and pupae*. British Museum (Natural History), London, United Kingdom, 1941, 499pp.
8. FONTENILLE D, TRAORE-LAMIZANA M, DIALLO M, THONNON J, DIGOUTTE & ZELLER HG – New Vector of Rift Valley Fever in West Africa. *Emerg Infect Dis*, 1998, **4**, 289-293.
9. FONTENILLE D, TRAORE-LAMIZANA M, ZELLER H, MONDO M, DIALLO M & DIGOUTTE JP – Rift Valley fever in Western Africa: isolations from *Aedes* mosquitoes during an interepizootic period. *Am J Trop Med Hyg*, 1995, **52**, 403-404.
10. GAD AM, FARID HA, RAMZY RR, RIAD MB, PRESLEY SM *et al.* – Host feeding of mosquitoes (Diptera: Culicidae) associated with the recurrence of Rift Valley fever in Egypt. *J Med Entomol*, 1999, **36**, 709-714.
11. GAD AM, RIAD IB & FARID HA – Host-feeding patterns of *Culex pipiens* and *Cx. antennatus* (Diptera: Culicidae) from a village in Sharqiya Governorate, Egypt. *J Med Entomol*, 1995, **32**, 573-577.
12. GINGRICH JB & WILLIAMS GM – Host-feeding patterns of suspected West Nile virus mosquito vectors in Delaware, 2001-2002. *J Am Mosq Control Assoc*, 2005, **21**, 194-200.
13. GORDON SW, TAMMARIELLO RF, LINTHICUM KJ, WIRTZ RA & DIGOUTTE JP – Feeding patterns of mosquitoes collected in the Senegal river basin. *J Am Mosq Control Assoc*, 1991, **7**, 424-432.
14. HAMON J, SALES S, COZ J, OUEDRAOGO CS, DYEMKOU-MA A & DIALLO B – Observations sur les préférences alimentaires des moustiques de la République de Haute-Volta. *Bull Sot Path exot* 1964, **57**, 1133-1150.
15. HIGGS S, SCHNEIDER BS, VANLANDINGHAM DL, KLINGLER KA & GOULD EA – Nonviremic transmission of West Nile virus. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2005, **102**, 8871-8874.
16. 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.
17. JUPP PG – *Mosquitoes of southern Africa: Culicinae and Toxorhynchitinae*. Harthebespoort (South Africa): Ekogilde cc Publishers, 1997.
18. KLENK K & KOMAR K – Poor replication of West Nile virus (New York 1999 strain) in three reptilian and one amphibian species. *Am J Trop Med Hyg*, 2003, **69**, 260-262.
19. LINTHICUM KJ, DAVIES FG, KAIRO A & BAILEY CL – Rift Valley fever virus (family Bunyaviridae, genus *Phlebovirus*). Isolations from Diptera collected during an inter-epizootic period in Kenya. *J Hyg (Lond)*, 1985, **95**, 197-209.
20. MADANI TA, AL-MAZROU YY, AL-JEFFRI MH, MISHKHAAS AA, AL-RABEAH AM *et al.* – Rift Valley fever epidemic in Saudi Arabia: epidemiological, clinical, and laboratory characteristics. *Clin Infect Dis*, 2003, **37**, 1084-1092.
21. MILLER BR, GODSEY MS, CRABTREE MB, SAVAGE HM, AL-MAZRAO Y *et al.* – Isolation and genetic characterization of Rift Valley fever virus from *Aedes vexans arabiensis*, Kingdom of Saudi Arabia. *Emerg Infect Dis*, 2002, **8**, 1492-1494.
22. MEEGAN JM – The Rift Valley fever epizootic in Egypt 1977-78. 1. Description of the epizootic and virological studies.

- Trans R Soc Trop Med Hyg*, 1979, **73**, 618-623.
23. MILLER BR, NASCI RS, GODSEY MS, SAVAGE HM, LUTWAMA JJ *et al.* – First field evidence for natural vertical transmission of West Nile virus in *Culex univittatus* complex mosquitoes from Rift Valley province, Kenya. *Am J Trop Med Hyg*, 2000, **62**, 240-246.
 24. 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.
 25. OLALEYE OD, TOMORI O & SCHMITZ H – Rift Valley fever in Nigeria: infections in domestic animals. *Rev Sci Tech*, 1996, **15**, 937-946.
 26. PINGER RR – Species composition and feeding success of mosquitoes attracted to caged dogs in Indiana. *J Am Mosq Control Assoc*, 1985, **1**, 181-185.
 27. PRETORIUS A, OELOFSEN MJ, SMITH MS & VAN DER RYST E – Rift Valley fever virus: a seroepidemiologic study of small terrestrial vertebrates in South Africa. *Am J Trop Med Hyg*, 1997, **57**, 693-698.
 28. SABESAN S, KUMAR NP, KRISHNAMOORTHY K & PANICKER KN – Seasonal abundance & biting behaviour of *Mansonia annulifera*, *M. uniformis* & *M. indiana* & their relative role in the transmission of malayan filariasis in Shertallai (Kerala state). *Indian J Med Res*, 1991, **93**, 253-258.
 29. SNOW WF – The attractiveness of some birds and mammals for mosquitoes in The Gambia, West Africa. *Ann Trop Med Parasitol*, 1983, **77**, 641-651.
 30. STEINMAN A, BANET-NOACH C, TAL S, LEVI O, SIMANOV L, *et al.* – West Nile virus infection in crocodiles. *Emerg Infect Dis*, 2003, **9**, 887-889.
 31. THIONGANE Y, ZELLER H, LO MM, FATI NA, AKAKPO JA & GONZALEZ JP – Decrease of natural immunity against Rift Valley fever in domestic ruminants of the Senegal River basin after the epizootic outbreak of 1987. *Bull Soc Pathol Exot*, 1994, **87**, 5-6.
 32. THONNON J, PICQUET M, THIONGANE Y, LO M, SYLLA R & VERCRUYSSSE 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.
 33. TURELL MJ, LINTHICUM KJ & BEAMAN JR – Transmission of Rift Valley fever virus by adult mosquitoes after ingestion of virus as larvae. *Am J Trop Med Hyg*, 1990, **43**, 677-680.
 34. WILSON ML, CHAPMAN LE, HALL DB, DYKSTRA EA, BA K *et al.* – Rift Valley fever in rural northern Senegal: human risk factors and potential vectors. *Am J Trop Med Hyg*, 1994, **50**, 663-675.
 35. WOODS CW, KARPATI AM, GREIN T, MCCARTHY N, GATURUKU P *et al.* – An Outbreak of Rift Valley Fever in Northeastern Kenya, 1997-98. *Emerg Infect Dis*, 2002, **8**, 138-144.
 36. ZELLER HG, BA MM & AKAKPO AJ – Rift Valley fever epizootic in small ruminants in southern Mauritania (October 1993): risk of extensive outbreaks. *Ann Soc belge Méd Trop*, 1995, **75**, 135-140.
 37. ZELLER HG, FONTENILLE D, TRAORE-LAMIZANA M, THIONGANE Y & DIGOUTTE JP – Enzootic activity of Rift Valley fever virus in Sénégal. *Am J Trop Med Hyg*, 1997, **56**, 265-272.