

Relations entre la pluviométrie et le risque de transmission virale par les moustiques : cas du virus de la *Rift Valley Fever* (RVF) dans le Ferlo (Sénégal)

BERNARD MONDET¹

AMADOU DIAÏTÉ²

ASSANE GUEYE FALL²

VÉRONIQUE CHEVALIER³

¹ Institut de recherche pour le développement (IRD), UR 34 « Maladies virales émergentes et systèmes d'information », BP 1386, Dakar, Sénégal
<mondet@ird.sn>

² Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA), Laboratoire national de l'élevage et de recherches vétérinaires (ISRA-LNERV), BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
<amadoudiaite@hotmail.com>

³ Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), département élevage et médecine vétérinaire (CIRAD-Emvt), Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier cedex 05, France
<verochevalier@santoo.sn>

Tirés à part :
B. Mondet

Résumé. Il existe, dans les mares du Ferlo, deux espèces de vecteurs potentiels du virus de la *Rift Valley Fever* possédant des modalités de développement différentes : *Aedes vexans arabiensis* et *Culex poicilipes*. De fortes pluies au début de la saison entraînent l'apparition soudaine d'une importante population d'*Aedes*, car les œufs de cette espèce, pondus l'année précédente, sont présents en grand nombre sur les parois des mares, prêts à éclore dès qu'ils sont immergés. Pour peu que le virus soit présent dans la nature (la transmission transovarienne de virus chez les *Aedes* est un phénomène courant), une amplification virale suivie d'un début de diffusion est alors possible parmi des hôtes vertébrés non immuns. Des pluies légères, régulières, comme c'est souvent la règle en milieu de saison, auront tendance à favoriser d'autres espèces que les *Aedes*, en particulier *Culex poicilipes* dont la dynamique est liée à la stabilité du milieu aquatique, leurs œufs ne supportant pas la dessiccation. Puis, en fin de saison, les pluies deviennent rares et les mares commencent à tarir. Les *Aedes* ont pratiquement disparu, leurs œufs ne pouvant plus être recouverts par les rares pluies tombant alors. Mais des pluies tardives peuvent encore apparaître, de manière assez exceptionnelle. Si elles sont conséquentes, elles permettent alors aux *Culex* de maintenir leurs populations à un niveau élevé et aux œufs d'*Aedes* de retrouver les conditions nécessaires pour éclore. Il y aura donc maintien des populations de *Culex* et apparition de femelles d'*Aedes*, donnant au virus la possibilité d'être à nouveau disséminé et amplifié. Après les pluies, les femelles de *Culex* vont disparaître et les œufs d'*Aedes* – dont certains sont susceptibles d'héberger le virus RVF – entrer en diapause, jusqu'à l'année suivante.

Mots clés : *aedes* ; *culex* ; insecte vecteur ; pluie ; saison ; Sénégal ; virus fièvre vallée Rift.

Abstract. Relations between rain patterns and risk of virus transmission by mosquitoes: Rift Valley Fever (RVF) virus in the Ferlo region of Senegal.

A two-year follow-up study in the Ferlo region in Senegal examined the importance of rainfall episodes on the development of two populations of potential vectors of Rift Valley fever in West Africa: *Aedes vexans arabiensis* and *Culex poicilipes*. Rainy seasons sometimes begin, as in 2003, with heavy rains, and temporary ponds are immediately flooded at their maximum level. In these conditions, *Aedes* populations are numerous at the beginning of the season, when this flooding hatches the maximum number of dormant eggs. *Culex* populations multiply only a month after the flooding of the ponds. Risk of virus transmission by the *Aedes* is thus higher in the first half of the rainy season. If there are substantial rains at the end of the season, the magnitude of the risks from the *Culex* depends on the duration of the flooding.

Key words: *aedes*; *culex*; insect vectors; rain; seasons; Senegal; Rift Valley fever virus.

Introduction

Isolé pour la première fois au Kenya en 1931, le virus de la fièvre de la Vallée du Rift (*Rift Valley Fever*, RVF) a été considéré, à l'époque, comme n'entraînant qu'une fièvre bénigne chez l'homme. Il a ensuite été responsable de graves épidémies, puis d'épidémies meurtrières, comme celle de 1975 qui a entraîné la mort de milliers de têtes de bétails et de 7 personnes et surtout comme celle de 1977-1978 en Égypte avec 18 000 cas humains recensés dont 598 mortels. En Afrique de l'Ouest, la première manifestation connue a eu lieu en 1987-1988 à Rosso, en Mauritanie, où ont été recensés 250 cas humains dont 28 mortels, suite à une épidémie chez les petits ruminants ; puis une seconde émergence, dix ans plus tard à Ayoun el Atroûs, toujours en Mauritanie, a provoqué des épidémies et des contaminations humaines [1]. Tout dernièrement, au cours de l'année 2000, le virus est passé pour la première fois du continent africain au continent asiatique, atteignant le Yémen et l'Arabie saoudite [2]. L'épidémie, qui a débuté en septembre et s'est terminée l'année suivante, a entraîné la mort de plus de 3 000 têtes de bétail et a été doublée d'une épidémie humaine qui a fait 119 victimes parmi 857 malades recensés.

En Afrique de l'Ouest, y compris au Sénégal où il n'y a pas eu jusqu'à présent d'épidémie ni d'épidémie importante, les enquêtes sérologiques ont montré que le virus circulait pratiquement partout [3-7]. Dans ce pays, le virus RVF a été activement recherché chez les moustiques à partir de 1991, pour être finalement isolé en 1994 à Barkedji (15°17 N ; 14°17 W), près de Linguère dans le Ferlo, en dehors de tout contexte épidémiologique. Ces isollements confirmèrent le rôle potentiel d'*Aedes vexans* en tant que vecteur et mirent en évidence celui d'*Ae. ochraceus* [8], espèce peu abondante dans la région. Un autre vecteur potentiel, *Culex poicilipes*, a été reconnu un peu plus tard, dans la vallée du fleuve Sénégal [9].

Le Ferlo est une région à vocation pastorale marquée, d'environ 60 000 km², correspondant au bassin-versant d'une vallée fossile sans réseau hydrographique fonctionnel, où l'on ne rencontre que des mares temporaires de saison des pluies. Soumises à une succession périodique de mises en eau et d'assèchements, ces retenues, qui sont prépondérantes pour l'abreuvement du bétail et les besoins domestiques des populations humaines, représentent également des gîtes larvaires pour les moustiques vecteurs de maladies, principalement d'arboviroses [10]. Le Ferlo est compris entre les isohyètes 100 et 500 mm et son climat est de type sahélien. La saison des pluies débute en juin et se termine en octobre. Les mois de juillet, août et septembre concentrent généralement l'essentiel de la pluviométrie. Notre station météorologique nous a permis de relever 301 mm en 2002 et 389 mm en 2003. Les variations dans la répartition et les quantités de pluie peuvent être importantes d'une année à l'autre, ce qui caractérise les climats des zones sahéliennes.

En Afrique de l'Est, certains auteurs ont pu constater que les années durant lesquelles la pluviométrie était supérieure à la normale apparaissaient épidémies et épidémies de RVF en raison d'une surabondance de moustiques vecteurs, dont les gîtes de développement larvaire se multiplient sous l'effet des inondations [11]. Des études rétrospectives montrent qu'il semble exis-

ter des relations moins évidentes au Sénégal qu'au Kenya, en particulier considérant l'épidémie de Rosso en 1987 [12]. Les résultats présentés ici montrent que les variations d'abondance des populations de moustiques vecteurs du virus RVF, donc les variations des risques de transmission virale, sont étroitement liées aux pluies, tout en reposant sur certaines caractéristiques biologiques des espèces en question.

Objectif

L'objectif de cette étude était de mettre en évidence une certaine relation entre la pluviométrie et la dynamique des populations d'*Aedes vexans arabiensis* et de *Culex poicilipes*, vecteurs potentiels du virus RVF au Sénégal.

Méthodologie

Les captures de moustiques s'effectuent sur appât humain par des équipes de deux volontaires. Elles sont crépusculaires (18 à 22 heures) et réparties en deux points de capture - bord de mare temporaire et campement - dans trois zones séparées de quelques kilomètres.

Rappel sur la biologie des moustiques

Il existe trois principaux genres de moustiques, tous présents dans le Ferlo : les *Anopheles* essentiellement vecteurs de paludisme, les *Culex* vecteurs de virus (tel West Nile) et de filaires et les *Aedes* vecteurs de virus, tels celui de la fièvre jaune ou encore de la fièvre de la Vallée du Rift (*Rift Valley Fever*, RVF). Tous les moustiques suivent un cycle biologique se déroulant en partie dans l'air, en partie dans l'eau où, après éclosion des œufs, les larves puis les nymphes se développent. Les adultes mâles et femelles, aériens, émergent des nymphes puis s'accouplent dans les heures qui suivent. Les mâles se nourrissent de jus sucré et ne survivent que quelques jours. Les femelles, une fois fécondées, prennent leur premier repas de sang, indispensable à la formation des œufs qui seront pondus soit à la surface de l'eau (cas des *Culex* et des *Anophèles*), soit sur un support proche de l'eau (cas des *Aedes*). Le cycle trophogonique (repas de sang – ponte – repas de sang) demande 3 à 4 jours [13] et se répète après chaque ponte, un nombre variable de fois selon les conditions environnementales et climatiques. C'est au cours des repas de sang que la femelle de moustique peut s'infecter sur un animal malade s'il est en phase virémique puis, après un certain nombre de jours nécessaires au développement du virus à l'intérieur du corps du moustique – le cycle extrinsèque –, elle devient capable de transmettre le virus à un nouvel animal s'il n'est pas immunisé [14].

Les œufs d'*Aedes* sont déposés par les femelles, à l'interface eau-air sur le sol humide des mares. Ils ne peuvent éclore que quand ils sont immergés suite à la remontée du niveau d'eau, mais à condition qu'ils aient subi une certaine période d'assèchement, estimée à moins d'une semaine, qui correspond à la durée de l'embryogenèse. Si ces œufs ne sont pas mis en eau (pluies absentes ou très faibles), ils peuvent attendre les pluies de l'année suivante pour éclore, passant la période de sécheresse en quiescence [15].

Les *Culex* ont un mode de développement correspondant à des espèces dont les œufs ne peuvent entrer en quiescence : ils sont pondus en grappe par la femelle sur la surface de l'eau et ils éclosent dès l'embryogenèse terminée. Les premiers œufs de la saison sont ainsi pondus par les très rares femelles présentes dans la nature. L'évolution des populations de *Culex poicilipes* est donc liée à la durée de mise en eau des gîtes larvaires [14].

Résultats

Le nombre total de femelles de moustiques capturées par saison, au cours de quatre séances de captures de 10 jours a été de 3 380 en 2002 et de 6 290 en 2003. Les deux vecteurs potentiels représentent 65 % des captures de 2002 et 73 % de celles de 2003, les femelles d'*Aedes vexans arabiensis* représentant 59,6 % du total des captures. Les proportions entre *Aedes* et *Culex* varient selon les emplacements, les plus grandes mares étant souvent les plus productives en *Culex*.

Variations des populations de moustiques vecteurs (figure 1)

En tout début de saison, il faut une pluie « efficace » qui soit suffisamment forte (> 20 mm) pour emplir la mare le temps nécessaire au développement des larves issues des œufs [16]. Ensuite, les femelles, dites néonates, vont apparaître 4 à 5 jours après la pluie et durant une dizaine de jours [13]. Ces pluies, selon leur importance, vont emplir plus ou moins les mares et vont donc pouvoir entraîner l'éclosion de tout ou partie des œufs qui sont répartis sur la surface du fond de la mare. En 2003, les premières pluies, très fortes, ont entraîné l'éclosion d'un grand nombre d'œufs, contrairement à ce qui s'était passé en 2002 : cette année-là, la mise en eau des mares n'a eu lieu qu'au début du mois d'août.

Au cours de la saison, si les conditions sont réunies (période de pluies séparées par des pauses pluviométriques), on observera des pics de femelles néonates plus ou moins importants, dont la hauteur dépendra de la durée de la pause et de la quantité d'eau

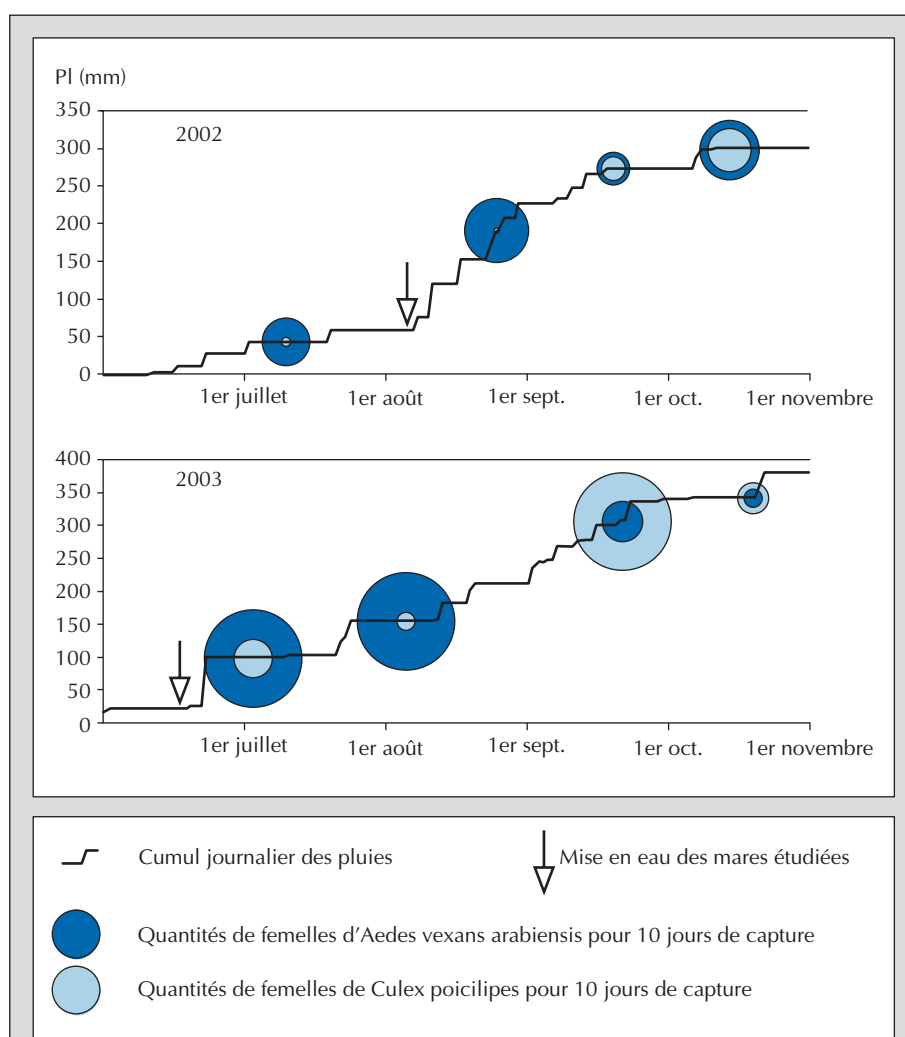


Figure 1. Variations de l'abondance des femelles d'*Aedes vexans arabiensis* et de *Culex poicilipes* mises en relation avec le cumul pluviométrique au cours des saisons des pluies 2002 et 2003 dans le Ferlo (Sénégal).

tombée. Le pourcentage d'œufs susceptibles d'éclore va ainsi dépendre de la variation de la surface inondée, en relation avec le niveau de la mare, en considérant une répartition égale des œufs sur les parois de la mare. En fin de saison, le nombre de femelles provenant de l'éclosion des œufs immergés peut être important. Ce fait a été particulièrement net en fin de saison 2002. Ces dernières femelles de l'année vont reconstituer le stock d'œufs tout en l'augmentant, car chaque femelle est susceptible de pondre une centaine d'œufs à chaque ponte.

Une saison des pluies régulière et abondante sera donc *a priori* favorable au développement des *Culex*, comme en 2003, alors qu'une saison avec des pluies tardives et/ou séparées par des périodes sans pluie sera défavorable, comme en 2002. Quoi qu'il en soit, partant d'un très petit nombre de femelles au début de la saison, il ne peut y avoir de populations importantes de *Culex* qu'au cours de la seconde partie de la saison. Les deux principales espèces présentes dans le Ferlo, *Aedes vexans arabiensis* et *Culex poicilipes*, ont donc tendance à se développer de manière non synchrone, ce qui peut faire jouer à ces deux espèces des rôles épidémiologiques différents et complémentaires.

Discussion et conclusion

Dans des zones arides où n'existent que des mares temporaires, la transmission de maladies virales par les moustiques appartenant aux genres *Aedes* et *Culex* est limitée à la période pluvieuse, mais elle peut être intense si les conditions se prêtent à un développement des populations de vecteurs. C'est le régime pluviométrique qui conditionne le remplissage des différents types de mares hébergeant les stades larvaires des moustiques, et ce sont certaines caractéristiques environnementales (principalement températures moyenne, maximale et minimale et vents) qui influent sur la vidange des mares dont les modalités sont aussi liées en partie à la végétation aquatique, arbustive ou arborée et en partie aux caractéristiques du sol. Le risque de transmission d'un arbovirus à l'homme ou aux animaux est lié à l'existence d'une population d'insectes vecteurs suffisamment abondante, dont les femelles hématophages ont atteint une moyenne d'âge suffisamment élevée pour garantir une transmission virale.

Cependant, si les *Aedes vexans arabiensis* ont la capacité de transmettre à leur descendance le virus RVF (transmission verticale, comme chez d'autres couples virus/*Aedes* [17]), le maintien du virus dans la nature pendant quelques années devient possible, n'entraînant qu'une circulation virale « à bas bruit », à condition qu'une population minimale d'hôtes non immuns existe pour relancer une amplification minimale du virus, car le taux de transmission du virus d'une femelle à sa descendance est toujours très faible.

Le risque de transmission du virus de la RVF est donc, par l'intermédiaire des moustiques vecteurs, très lié au régime pluviométrique : plus il y aura de pluies importantes entrecoupées de pauses pluviométriques, plus le risque de transmission du virus par les *Aedes* sera important, par transmission verticale et/ou par transmission horizontale parmi des populations d'hôtes non immunisés [13]. De plus, si les pluies se prolongent dans le temps, elles permettent une augmentation de l'espérance de vie des femelles de moustiques, très sensibles à l'humidité relative de l'air et, ainsi, un allongement de la période de transmission virale. Ce n'est donc pas tant la quantité de pluie qui importe que la quantité associée à une certaine répartition des périodes sans pluie qui va influencer sur les populations de vecteurs, *Aedes* en particulier et, en fin de compte, sur l'importance du risque de transmission virale. Les études se poursuivent pour faire apparaître d'autres relations possibles dans le temps et dans l'espace entre les moustiques, les virus et les hôtes, selon différents biotopes. ■

Remerciements

Les recherches sur le terrain ont été possibles grâce à l'appui de M. Sylla, sous-préfet de Barkedji, au soutien de la DIREL (direction de l'Élevage), à la disponibilité de M. Thomas Manga, vétérinaire à Barkedji et, enfin, à l'accueil des populations de la région. Les financements ont été assurés conjointement par l'ISRA, l'IRD et le CIRAD et grâce aux programmes CORUS du ministère français des Affaires étrangères et de l'ACI « Écologie quantitative » du ministère de la Recherche, ayant succédé au programme EMERCASE de l'ACI 120, 2000-2002 « Télémédecine et technologie de la santé ».

Références

1. Kettle DS. In : *Medical and Veterinary Entomology*. 2nd ed. Cambridge (Royaume-Uni : University Press ; CAB International, 1995 : 725 p.
2. Balkhy HH, Memish ZA. Rift Valley fever : an uninvited zoonosis in the Arabian peninsula. *Int J Antimicrob Agents* 2003 ; 21 : 153-7.
3. Saluzzo JF, Digoutte JP, Chartier C, Martinez D, Bada R. Focus of Rift Valley fever transmission in southern Mauritania. *Lancet* 1987 ; 1 : 504.
4. Guillaud M, Le Guenno B, Wilson ML, Desoutter D, Gonzalez JP, Digoutte JP. Prévalence en anticorps contre le virus de la fièvre de la vallée du Rift chez les petits ruminants du Sénégal. *Ann Inst Pasteur/Virol* 1988 ; 139 : 455-9.
5. Akakpo AJ, Some MJR, Bornarel P, Jouan A, Gonzalez JP. Épidémiologie de la fièvre de la vallée du Rift en Afrique de l'ouest. 1. Enquête sérologique chez les ruminants domestiques au Burkina Faso. *Bull Soc Pathol Exot* 1989 ; 82 : 321-31.
6. Thiongane Y, Thonnon J, Zeller H, et al. Données récentes de l'épidémiologie de la fièvre de la Vallée du Rift au Sénégal. *Dakar Med* 1996 : 1-6 ; sp.

7. Thiongane Y, Bada-Alambéji R, Morou A, *et al.* La fièvre de la vallée du Rift : enquête sérologique chez les ruminants domestiques dans la région du fleuve au Niger. *Rev Afr Santé Prod Anim* 2004 ; 2 : 37-41.
8. Fontenille D, Traoré-Lamizana M, Diallo M, Thonnon J, Digoutte JP, Zeller HG. New vectors of Rift Valley Fever in West Africa. *Emerg Infect Dis* 1998 ; 4 : 289-93.
9. Diallo M, Lochouart L, Ba K, *et al.* First isolation of the Rift Valley Fever virus from *Culex poicilipes* (Diptera Culicidae) in nature. *Am J Trop Med Hyg* 2000 ; 62 : 702-4.
10. Pin R. *Étude du système pastoral dans la région sahélienne de Barkedji (Ferlo, Sénégal) : occupation de l'espace par les pasteurs, en relation avec les ressources du milieu et les contraintes sanitaires.* Mémoire de DEA, université de Provence, Aix-Marseille I, 2003, 50 p.
11. Davies FG, Linthicum KJ, James AD. Rainfall and epizootic Rift Valley fever. *Bull WHO* 1985 ; 63 : 941-3.
12. Ndione JA, Bicout DJ, Mondet B, *et al.* Conditions environnementales associées à l'émergence de la fièvre de la vallée du Rift (FVR) dans le delta du fleuve Sénégal en 1987. *Environnement, Risques et Santé* 2005 ; 4 : 136.
13. Mondet B, Diaïté A, Ndione JA, *et al.* Rainfall patterns and population dynamics of *Aedes (Aedimorphus) vexans arabiensis* Patton, 1905 (Diptera : Culicidae), a potential vector of Rift Valley Fever virus in Senegal. *J Vector Ecol* 2005 (à paraître).
14. Beaty BJ, Marquardt WC. In : *The biology of Disease Vectors.* Niwot (Colorado : University Press of Colorado, 1966 : 632p.
15. Sinègre G. *Contribution à l'étude physiologique d'Aedes (Ochle-rotatus) caspius (Pallas, 1771) (Nematocera – Culicidae).* Thèse de doctorat, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, 1974, 285 p.
16. Anonyme. In : *Suivi des cuvettes au Sénégal, campagne 2001.* Dakar : EMERCASE ; Medias-France-IRD, 2002 : 26 p ; (rapport ronéotypé).
17. Mondet B, Travassos da Rosa APA, Travassos da Rosa ES, Rodrigues SG, Travassos da Rosa JFS, Bicout DJ. Isolation of Yellow Fever Virus from Nulliparous Females of *Haemagogus (Haemagogus) janthinomys* Dyar, 1921 in Eastern Amazonia. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2002 ; 2 : 47-50.