

ANIMAUX SENTINELLES EN MILIEU TROPICAL : VERS UN SYSTEME INTEGRE DE SURVEILLANCE *

Renaud Lancelot¹

RESUME

Au Kenya, le suivi sérologique de populations de ruminants sauvages, utilisées comme sentinelles, a permis de suivre l'avancement de la lutte contre la peste bovine dans les écosystèmes Somali et Tsavo. En Afrique de l'Ouest, des circulations occultes du virus de la fièvre de la Vallée du Rift (FVR) ont été identifiées grâce à des petits ruminants sentinelles. En revanche, ils n'ont pas permis d'alerter précocement les services vétérinaires sur les risques d'épizooties. L'épidémiologie de la FVR dans cette région est encore trop peu connue pour mettre en place le système sur des bases scientifiques solides. Une démarche intégrative pluridisciplinaire permettrait de mieux se préparer aux émergences à venir. Une collaboration étroite entre recherche et développement, et une stratégie régionale s'appuyant sur les Centres régionaux de santé animale de la FAO, de l'OIE et de l'UA-BIRA, faciliteraient le processus.

Mots-clés : Surveillance épidémiologique, animal sentinelle, peste bovine, fièvre de la Vallée du Rift, Afrique.

SUMMARY

In Kenya, the seromonitoring of sentinel wild ruminants has been used to assess the progress of rinderpest control in the Somali and Tsavo ecosystems. In West Africa, low-level Rift Valley fever (RVF) virus activity has been identified using seromonitoring of sentinel small-ruminant herds. However, results could not be used for RVF early warning. An integrative, multidisciplinary approach is needed for a better detection of future disease emergences. A close collaboration between research and development, and a regional strategy relying on the animal health regional centres promoted by OIE, FAO, and UA-IBAR, should facilitate this process.

Keywords : Diseases surveillance, Sentinel animal, Rinderpest, Rift Valley fever, Africa.



* Texte de la conférence présentée au cours des Journées scientifiques AEEMA-AESA, 4-5 juin 2009

¹ Centre de coopération internationale en recherche agronomique (CIRAD), UMR « Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes », TA-A15/G, Campus International de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France
e-mail : renaud.lancelot@cirad.fr

I - INTRODUCTION

Les spécificités tropicales de la surveillance et de la vigilance épidémiologiques tiennent plus aux conditions socio-économiques des pays du Sud qu'à la nature des maladies infectieuses qui y sont présentes. L'élevage souvent extensif et pastoral, la faiblesse générale des infrastructures nationales et des services vétérinaires, et les moyens limités accordés à la surveillance épidémiologique, laissent une faible place aux animaux sentinelles.

Dans cet exposé, nous limitons le cadre géographique à celui de l'Afrique. Nous

présentons deux exemples où cette méthode a été utilisée : la peste bovine en Afrique de l'Est, et la fièvre de la Vallée du Rift (FVR) en Afrique de l'Ouest. Nous examinons ensuite les dangers sanitaires menaçant les pays du Sud. Nous proposons une évolution de la notion de sentinelle permise par la compréhension des processus bio-écologiques et épidémiologiques, ainsi que par les méthodes modernes de diagnostic, dans un contexte d'harmonisation et de régionalisation de la surveillance et de la vigilance épidémiologiques.

II - DEUX EXEMPLES DE RECOURS AUX ANIMAUX SENTINELLES EN AFRIQUE

1. PESTE BOVINE

La peste bovine, maladie contagieuse causée par un virus du genre *Morbillivirus* (famille des Paramyxoviridae), est la plus grave des maladies infectieuses des bovins. Vraisemblablement originaire d'Asie, elle s'est étendue au Moyen-Orient et à l'Europe au fil des siècles par les mouvements d'animaux (commerce, guerres et invasions). Elle a été contrôlée en Europe par des mesures d'abattage dans les foyers (*stamping out*) et d'interdiction des rassemblements et mouvements animaux. A la suite d'une importation de bovins depuis l'Inde vers la Corne de l'Afrique par l'armée italienne en 1887, la peste bovine a ravagé le cheptel du continent africain en plusieurs vagues successives. La mise au point d'un vaccin efficace puis la conception et la mise en œuvre d'une stratégie mondiale de lutte reposant initialement sur des campagnes de vaccination de masse, ont permis le contrôle de la maladie dans les pays en développement. En Afrique de l'Est, dans les années 1990, les écosystèmes Somali et Tsavo restaient la seule région du monde où subsistait la peste bovine. D'autre part, le virus y circulant était peu pathogène et entraînait une expression clinique fruste [Wamwayi *et al.*, 1995]. La conjugaison de (i) la persistance de la vaccination et (ii) de l'absence de test sérologique permettant de distinguer les anticorps dus à une infection naturelle de ceux induits par la vaccination, rendait la situation

épidémiologique difficile à appréhender. Enfin, les observations successives faites sur les ruminants sauvages lors des foyers de peste bovine des années 1980's et 1990's avaient montré que ces animaux, en particulier les buffles, étaient plus des victimes de l'infection des bovins domestiques qu'un réservoir du virus [Couacy-Hymann *et al.*, 2005 ; Rossiter *et al.*, 2006].

Sur ces bases, des enquêtes sérologiques successives ont été menées chez les buffles et d'autres espèces de ruminants sauvages vivant d'une part à proximité des derniers foyers de peste bovine constatés chez les bovins domestiques (écosystèmes Somali et Tsavo), et d'autre part dans la zone voisine de la Vallée du Rift, dans laquelle aucun cas de peste bovine n'avait été enregistré depuis plusieurs années. Ces enquêtes ont confirmé qu'au moment de leur réalisation (2002 pour les plus récentes), le virus de la peste bovine continuait de circuler dans l'écosystème Somali et sa périphérie, mais semblait absent des autres régions soumises à investigation [Kock *et al.*, 2006]. Après ces travaux, des campagnes de vaccination du bétail ont continué d'être réalisées, associées à une surveillance épidémiologique renforcée. Plus aucun foyer de la maladie n'a été constaté ni chez la faune sauvage, ni chez les bovins domestiques : la peste bovine semble ainsi en bonne voie d'éradication [Normile, 2008]. Ces données confirment rétrospectivement la pertinence du choix des ruminants sauvages

comme animaux sentinelles de l'infection des bovins domestiques par le virus de la peste bovine.

2. FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT EN AFRIQUE DE L'OUEST

Le virus de la fièvre de la Vallée du Rift (VFVR) - genre *Phlebovirus*, famille des Bunyaviridae - est transmis aux ruminants par diverses espèces de moustiques. Dans les populations immunologiquement naïves, il provoque des avortements massifs et une forte mortalité néonatale, en particulier chez les ovins. La FVR est une zoonose grave, l'homme se contaminant surtout au contact des fluides corporels d'animaux malades. Un cycle selvatique est probablement à l'origine de l'émergence de la FVR. Une étude phylogénétique a daté l'ancêtre commun des VFVR actuels au 18^e siècle, époque où la colonisation de l'Afrique s'est intensifiée, avec la multiplication des fronts pionniers et l'installation de l'élevage dans des régions où il était absent [Bird *et al.*, 2007].

L'épidémiologie de la FVR est caractérisée par la survenue d'épizooties suivies de longues périodes pendant lesquelles le virus semble avoir disparu. A l'inverse, les épizooties sont précédées d'une période d'amplification virale [Saluzzo *et al.*, 1987]. La mise en évidence de cette période permettrait de déclencher des mesures de contrôle telles que la vaccination des ruminants. En Afrique orientale et australe, les épizooties de FVR sont liées à l'abondance anormale des pluies automnales, elle-même dépendante du phénomène *El Niño*. Ces pluies remplissent les mares temporaires des zones semi-arides du Kenya et entraînent des proliférations considérables de vecteurs de la FVR. La croissance de la végétation associée aux pluies est observable par satellite. Des modèles statistiques combinant des variables climatiques et des indices de végétation permettent de prédire les épisodes de FVR avec une sensibilité et une spécificité satisfaisantes [Linthicum *et al.*, 1999, Anyamba *et al.*, 2006]. La situation est différente en

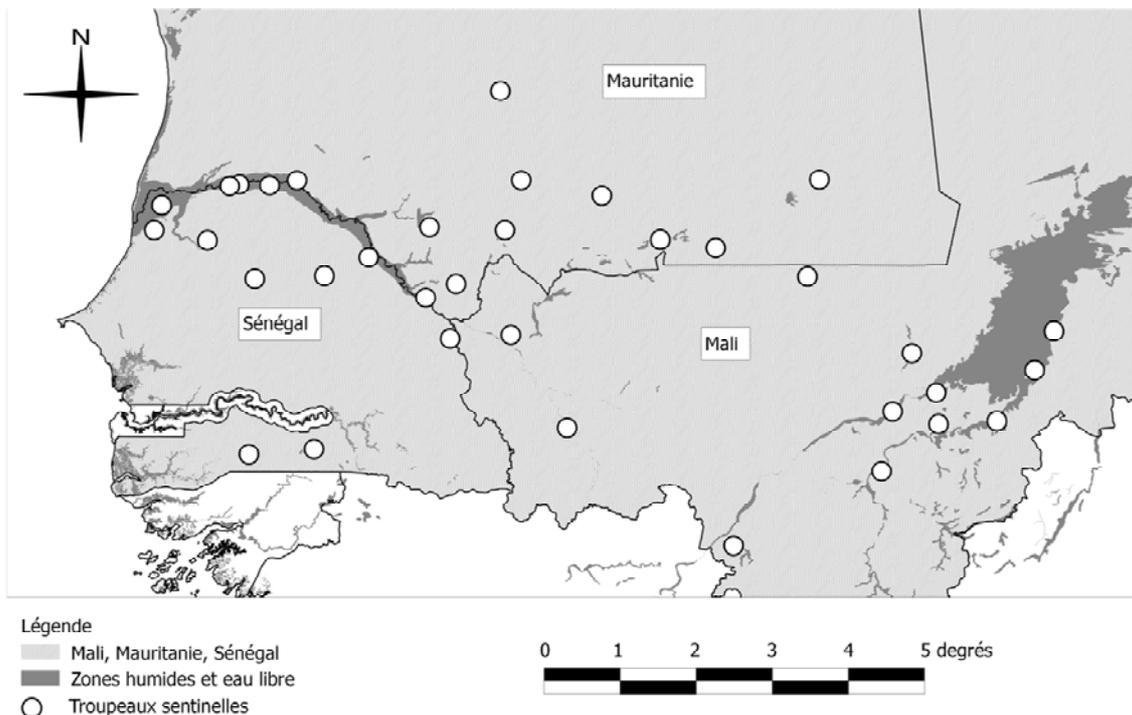
Afrique de l'Ouest. L'épizootie ayant touché la Vallée du Sénégal en 1987 n'était ainsi pas associée à une forte pluviométrie, ni à la mise en eau de barrages, contrairement à ce qui a souvent été avancé [Ndione *et al.*, 2005]. Dans ces conditions, et faute de disposer de modèle prédictif satisfaisant, le recours à des animaux sentinelles est une méthode pertinente pour repérer la phase d'amplification de la FVR.

Après l'épizootie de 1987-88, puis celle ayant affecté le sud-est de la Mauritanie en 1998, un réseau régional de surveillance a été mis en place au Mali, en Mauritanie et au Sénégal (figure 1) avec le soutien de la FAO [Thiongane, 2009]. Différentes actions ont été développées : formation des acteurs de la surveillance et information des éleveurs, harmonisation des tests de diagnostic et de la surveillance passive organisée par les services vétérinaires nationaux, diffusion d'informations quant aux lieux et périodes à risque, sur la base de la cartographie d'indicateurs de végétation et de prévisions climatiques saisonnières, et suivi clinique et sérologique de petits ruminants sentinelles. Cette dernière mesure visait à déclencher une alerte précoce, et détecter une éventuelle circulation à bas bruit du VFVR.

Le suivi sérologique et clinique des sentinelles a mis en évidence des circulations occultes du VFVR. Cependant, quand on compare les résultats sérologiques et l'occurrence des épizooties dans le Sud de la Mauritanie et au Sénégal de 1987 à 2008 (fig. 2), il apparaît que l'épizootie de 1993 [Zeller *et al.*, 1995] n'a été détectée que tardivement, près de deux ans après la survenue des premiers foyers. Le même constat peut être fait pour l'épizootie de 1998 [Nabeth *et al.*, 2001] : le pic de prévalence sérologique instantanée a été observé en 1999. En 2003, les résultats des sentinelles ont été connus en fin de saison des pluies, alors que l'épizootie avait atteint son extension maximale [Chevalier *et al.*, 2005]. En conséquence, le suivi des sentinelles n'a pas joué, jusqu'à présent, le rôle d'alerte précoce qui lui était assigné.

Figure 1

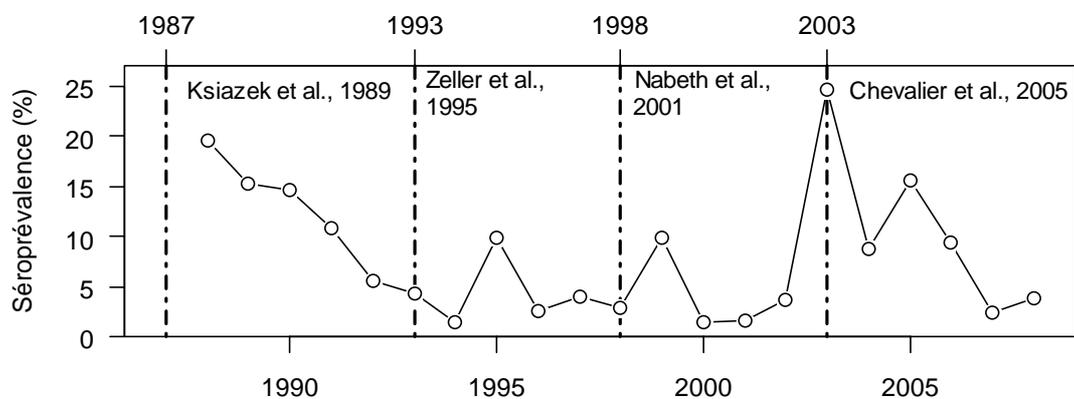
Distribution géographique des troupeaux sentinelles du système de surveillance de la fièvre de la Vallée du Rift en Afrique de l'Ouest [d'après Thiongane, 2009]



Source « zones humides » : FAO, Consolidated WCMC Wetlands, <http://www.fao.org/geonetwork/>

Figure 2

Correspondance entre les épizooties de FVR observées au Sénégal et en Mauritanie de 1987 à 2008 et les résultats du suivi sérologique des troupeaux sentinelles au Sénégal



Données sérologiques : Thiongane [2009]. Les points représentent la prévalence sérologique instantanée (IgG). Les lignes tiretées verticales représentent les épizooties de FVR. Les références rapportant ces épizooties figurent en haut du graphe.

III - PLACE DES SENTINELLES DANS LES SYSTEMES DE SURVEILLANCE

La sensibilité de la surveillance de la FVR en Afrique de l'Ouest pourrait être améliorée en augmentant le nombre de troupeaux sentinelles. L'épidémiologie de la FVR est en effet caractérisée par une forte hétérogénéité de la distribution spatiale de la maladie [Chevalier *et al.*, 2005]. Cependant, sous sa forme actuelle, le suivi des sentinelles nécessite des moyens importants, avec l'organisation de visites de terrain pour récolter les prélèvements. Il semble difficile de mettre en place un maillage des territoires à surveiller permettant une sensibilité suffisante pour l'alerte précoce. Il serait préférable d'améliorer les critères de choix des sites d'implantation des troupeaux sentinelles, en se basant sur des modèles prédictifs du risque d'occurrence et de diffusion de la FVR. Les choix actuels sont en effet empiriques.

Un modèle de risque géoréférencé a été développé [Clements *et al.*, 2007] mais la variable climatique la plus importante dans ce modèle (abondance des pluies hivernales) ne correspond pas aux connaissances actuelles sur la bio-écologie des vecteurs de la FVR dans cette région [Fontenille *et al.*, 1998 ; Mondet *et al.*, 2005]. D'autres travaux ont été entrepris plus en cohérence avec cet aspect, mais leur domaine d'application est limité au regard des zones géographiques concernées [Pin-Diop, 2006]. Il reste donc à intégrer ces

connaissances et celles sur les dynamiques saisonnières du peuplement de ruminants domestiques pour développer des modèles spatialisés et prédictifs d'occurrence et de diffusion, dépendants de la pluviométrie et d'autres variables environnementales pour choisir l'implantation des troupeaux sentinelles, et plus généralement pour orienter les activités de surveillance de la FVR dans cette région. Des travaux de recherche sont en cours à ce sujet [Soti *et al.*, 2009].

L'émergence de la FVR est un exemple des défis sanitaires auxquels nous serons confrontés de manière croissante. En effet, les conditions sociales, économiques et environnementales des pays du Sud sont des facteurs favorables aux maladies émergentes de toutes natures, infectieuses ou non, alors que l'essentiel des efforts de surveillance sont faits dans les pays industrialisés du Nord [Jones *et al.*, 2008]. Bien que des connaissances précises des processus écologiques et épidémiologiques soient nécessaires pour cartographier les risques de manière utile pour la surveillance, il est possible de définir les grands types de changements socio-économiques et environnementaux propices à l'occurrence ou à la diffusion de maladies émergentes (tableau 1).

Tableau 1

Exemples d'émergences anciennes et actuelles de maladies animales ou zoonotiques liées à des changements sociaux, économiques ou environnementaux

Changements	Emergences
Fronts pionniers : contacts entre faune sauvage, animaux domestiques et Homme.	SIDA, Ebola, FVR
Aménagements hydro-agricoles : barrages, irrigation à grande échelle (riz)	FVR, schistosomoses, fascioloses
Mégalopoles et zones rurales très peuplées	Fièvre jaune
Changements climatiques	FVR (<i>El Niño</i> , Afrique de l'Est)
Augmentation des densités animales	Influenza aviaire hautement pathogène H5N1 en Asie (?)
Intensification des échanges internationaux	Introduction de la péripneumonie contagieuse bovine et de la peste bovine en Afrique, de l'influenza aviaire hautement pathogène H5N1 en Egypte et au Nigeria (?)

Cette typologie peut servir de base à une réflexion plus poussée visant à concevoir des systèmes de surveillance comportant une composante sentinelle, en élargissant l'application. En effet, il est fréquent que des conditions socio-économiques et environnementales particulières soient associées à l'émergence simultanée de plusieurs agents pathogènes, n'affectant pas les mêmes hôtes et n'ayant pas les mêmes vecteurs. Ainsi, lors de l'épizootie de FVR ayant touché la Vallée du Sénégal en 1987, plusieurs autres arbovirus zoonotiques ont été isolés :

- Le virus de la fièvre jaune [Anonyme, 1987] : Flaviviridae, genre *Flavivirus*. Ce virus a un réservoir simien et il est transmis par des moustiques ;
- Le virus Ngari (Bunyaviridae, genre *Bunyavirus*), isolé chez un mouton en phase d'hyperthermie (Lancelot, non publié : <http://www.pasteur.fr/recherche/banques/CROA/pays/p015.htm>, accédé en ligne le 01/12/2009)
- Le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo [Gonzalez *et al.*, 1990] : famille des Bunyaviridae, genre *Nairovirus*. Ce virus est transmis par des tiques et a pour hôte et réservoir de nombreuses espèces de ruminants, rongeurs et autres petits mammifères.

Dans les pays tropicaux, l'optimisation de l'allocation des ressources disponibles a une grande importance. Il serait ainsi plus efficace de caractériser les combinaisons d'écosystèmes et de changements climatiques, environnementaux, sociaux et économiques aboutissant à des risques élevés d'émergence, que de mettre en œuvre des systèmes d'épidémiosurveillance – incluant des animaux sentinelles – spécifique d'une maladie particulière. Jones *et al.* [2008] ont réalisé cette typologie à l'échelle mondiale. Pour

qu'elle soit opérationnelle, il serait nécessaire de la réaliser à une résolution beaucoup plus fine.

Les modalités de suivi épidémiologique des sentinelles pourraient également être revues en s'appuyant sur le développement de nouvelles méthodes et techniques de diagnostic, telles que le séquençage à haut débit et les micro-puces à ADN, permettant la détection simultanée de plusieurs agents pathogènes. Un travail de recherche méthodologique sera nécessaire pour concevoir une stratégie appropriée d'échantillonnage.

Le système d'épidémiosurveillance que l'on voit ainsi s'ébaucher nécessite des compétences multiples : géographie, épidémiologie, microbiologie, génomique, bio-informatique, modélisation... Par ailleurs, les stratégies d'enquêtes et d'échantillonnage doivent être régionales comme l'ont montré les deux exemples de la peste bovine et de la FVR. Enfin, un lien étroit doit être maintenu et développé entre recherche et développement. Les centres régionaux de santé animale récemment mis en place par l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE), l'Agence des nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) et le Bureau international des ressources animales de l'Union africaine (UA-BIRA) pourraient servir de catalyseurs à ces réseaux de santé. Pour l'Afrique de l'Ouest, les centres régionaux comme le Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone sub-humide (CIRDES) de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) ou l'Ecole inter-état des sciences et de médecine vétérinaires (EISMV) de Dakar (Sénégal), seraient certainement appelés à jouer un rôle majeur tant sur le plan des plateaux techniques que de celui de l'enseignement supérieur, de la formation et de la recherche.

BIBLIOGRAPHIE

Anonyme - Yellow fever in 1987. *Bull. WHO*, 1987, **67**, 4(89), 451-453.

Anyamba A., Chretien J.P., Small J., Tucker C.J., Linthicum K.J. - Developing global

climate anomalies suggest potential disease risks for 2006-2007. *Int. J. Health Geogr.*, 2006, **5**, 60.

- Bird B.H., Khristova M.L., Rollin P.E., Ksiazek T.G., Nichol S.T. - Complete genome analysis of 33 ecologically and biologically diverse Rift Valley fever virus strains reveals widespread virus movement and low genetic diversity due to recent common ancestry. *J. Virol.*, 2007, **81**, 2805-2816.
- Chevalier V., Lancelot R., Thiongane Y., Sall B., Diaïté A., Mondet B. - Rift Valley fever in small ruminants, Senegal, 2003. *Emerg. Infect. Dis.*, 2005, **11**, 1693-1700.
- Clements A.C.A., Pfeiffer D.U., Martin V., Piilliglio C., Best N., Thiongane Y. - Spatial Risk Assessment of Rift Valley fever in Senegal. *Vector Borne Zoonotic Dis.*, 2007, **7**, 203-216.
- Couacy-Hymann E., Bodjo C., Danho T., Libeau G., Diallo A. - Surveillance of wildlife as a tool for monitoring rinderpest and peste des petits ruminants in West Africa. *Rev. Sci. Tech.*, 2005, **24**, 869-877.
- Fontenille D., Traore-Lamizana M., Diallo M., Thonnon J., Digoutte J.P., Zeller, H.G. - New vectors of Rift Valley fever in West Africa. *Emerg. Infect. Dis.*, 1998, **4**, 289-93.
- Gonzalez J.P., LeGuanno B., Guillaud M., Wilson M.L. A fatal case of Crimean-Congo haemorrhagic fever in Mauritania: virological and serological evidence suggesting epidemic transmission. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 1990, **84**, 573-576.
- Jones K.E., Patel N.G., Levy M.A., Storeygard A., Balk D., Gittleman J.L., Daszak, P. - Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 2008, **451**, 990-993.
- Kock R., Wamwayi H., Rossiter P, Libeau G., Wambwa E., Okori J., Shiferaw F., Mlengeya T. - Re-infection of wildlife populations with rinderpest virus on the periphery of the Somali ecosystem in East Africa. *Prev. Vet. Med.*, 2006, **75**, 63-80.
- Ksiazek T.G., Jouan A., Meegan J.M., Guanno B.L., Wilson M.L., Peters C.J., Digoutte J.P., Guillaud M., Merzoug N.O., Touray E.M. - Rift Valley fever among domestic animals in the recent West African outbreak. *Res. Virol.*, 1989, **140**, 67-77.
- Linthicum K.J., Anyamba A., Tucker C.J., Kelley P.W., Myers M.F., Peters C.J. - Climate and satellite indicators to forecast Rift Valley fever epidemics in Kenya. *Science*, 1999, **285**, 397-400.
- Mondet B, Diaïté A, Ndione J, Fall A, Chevalier V, Lancelot R., Ndiaye M., Ponçon N. - 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, **30**, 102-106.
- Nabeth P., Kane Y., Abdalahi M.O., Diallo M., Ndiaye K., Ba K., Schneegans F., Sall A.A., Mathiot C. - Rift valley fever outbreaks, Mauritania, 1998: seroepidemiologic, virologic, entomologic, and zoologic investigations. *Emerg. Infect. Dis.*, 2001, **7**, 1052-1054.
- Ndione J.-A., Bicout D.J., Mondet B., Lancelot R., Sabatier P., Lacaux J.-P., Ndiaye M., Diop C. - Conditions environnementales associées à l'émergence de la fièvre de la Vallée du Rift dans le delta du fleuve Sénégal en 1987. *Environnement, Risques & Santé*, 2005, **4**, 10005-10010.
- Normile D. - Rinderpest: driven to extinction. *Science*, 2008, **319**, 1606-1609.
- Pin-Diop R. - *Spatialisation du risque de transmission de la fièvre de la Vallée du Rift en milieu agropastoral sahélien du Sénégal septentrional*. 2006, Orléans, thèse de l'Université d'Orléans, 228 p.
- Rossiter P., Wamwayi H., Ndungu E. - Rinderpest seroprevalence in wildlife in Kenya and Tanzania, 1982-1993. *Prev. Vet. Med.*, 2006, **75**, 1-7.
- Saluzzo J.F., Chartier C., Bada R., Martinez D., Digoutte J.P. - La fièvre de la Vallée du Rift en Afrique de l'Ouest. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1987, **40**, 215-223.
- Soti V., Tran A., Bailly J.-S., Puech C., Seen D.L., Bégué A. Assessing optical earth observation systems for mapping and monitoring temporary ponds in arid areas. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 2009, **11**, 344-351.
- Thiongane Y. - Foyers et contrôle de la fièvre de la Vallée du Rift en Afrique de l'Ouest. In: OIE (éd.). *Ré-émergence de la fièvre de la Vallée du Rift en Afrique australe. Comment mieux prédire et réagir ?* Bloemfontein (Afrique du Sud), 16-18 février 2008, 29 p., <http://www.rr-africa.oie.int/docspdf/en/2009/RVF/THIONGANE.pdf> (consulté en ligne le 12/08/2009).

Wamwayi H., Fleming M., Barrett T. -
Characterisation of African isolates of
rinderpest virus. *Vet. Microbiol.*, 1995, **44**,
151-163.

Zeller H.G., Akakpo A.J., Ba M.M. - 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.

