

De la santé animale à la santé humaine: enjeux scientifiques et
moyens de gestion

Des processus éco-épidémiologiques à la santé publique: retour sur 10 ans d'expérience sur les infections à transmission vectorielle

R. Lancelot

renaud.lancelot@cirad.fr

UMR CIRAD-INRA "Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes"

- Arthropodes : insectes, tiques

Moustique tigre *Aedes albopictus*



Vecteur de la dengue, de chikungunya...

- Arthropodes : insectes, tiques
- Hématophages

Tique *Hyalomma marginatum marginatum*



Vecteur du virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo...

- Arthropodes : insectes, tiques
- Hématophages
- Acquièrent l'infection au cours du repas sanguin sur un hôte infecté

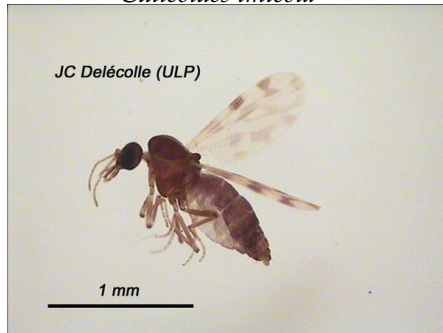
Phlébotome



Vecteur de la leishmaniose, de
Phlebovirus...

- Arthropodes : insectes, tiques
- Hématophages
- Acquièrent l'infection au cours du repas sanguin sur un hôte infecté
- Multiplication de l'agent pathogène chez l'arthropode

Culicoides imicola



Vecteur de la fièvre catarrhale ovine,
de Schmallenberg...

- Arthropodes : insectes, tiques
- Hématophages
- Acquièrent l'infection au cours du repas sanguin sur un hôte infecté
- Multiplication de l'agent pathogène chez l'arthropode
- Transmission à un hôte indemne au cours d'un repas sanguin ultérieur

Tique *Ixodes ricinus*



Vecteur de la maladie de Lyme, de l'encéphalite à tique...

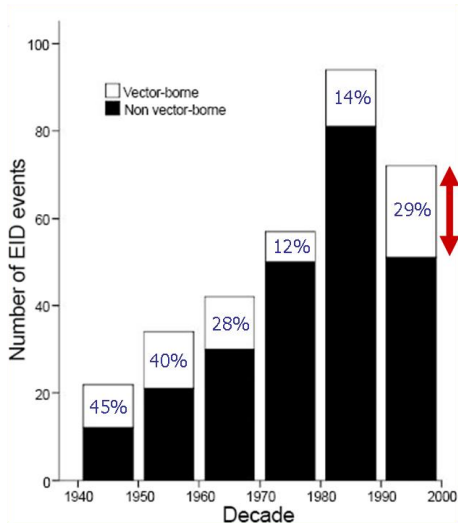
- Arthropodes : insectes, tiques
- Hématophages
- Acquièrent l'infection au cours du repas sanguin sur un hôte infecté
- Multiplication de l'agent pathogène chez l'arthropode
- Transmission à un hôte indemne au cours d'un repas sanguin ultérieur
- ... cas des rongeurs

Rat multi-mammaire *Mastomys*



Transmet le virus de la fièvre de Lassa en Afrique de l'Ouest...

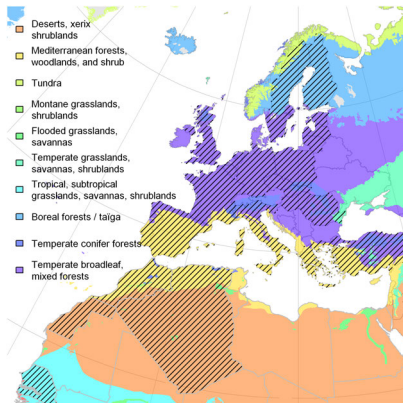
Émergences des infections vectorielles



Jones et al. (2008)

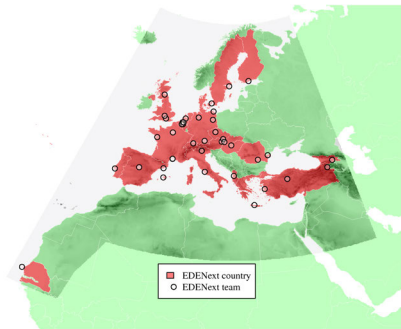
EDEN : “Emerging diseases in a changing European environment”
2005-2010, 48 partenaires, 24 pays, 11.5 ME

- 1 Évaluer l'importance des changements environnementaux et socio-économiques pour l'émergence des maladies à transmission vectorielle
- 2 Développer des modèles quantitatives et prédictifs du risque d'émergence de ces maladies
- 3 Identifier et caractériser les principaux écosystèmes exposés à un risque élevé de l'émergence de ces maladies



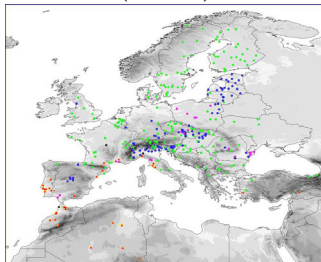
EDENext : “Biology and control of vector-borne infections in Europe” 20011-2015, 46 partenaires, 22 pays, 12 ME

- 1 Mêmes objectifs généraux qu'EDEN
- 2 Compréhension des processus (mécanismes biologiques et écologiques)
- 3 Évaluation des méthodes de contrôles des populations de vecteurs
- 4 Appropriation des résultats par la Santé Publique



- Recueil coordonné de données selon protocoles homogènes à l'échelle européenne

Sites de collectes de données sur les vecteurs (EDEN)



Eden

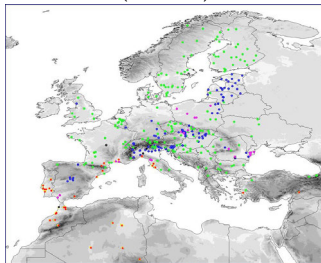
EDEN et
EDENext

Facteurs
d'émergence

De la
recherche à
la santé
publique

- Recueil coordonné de données selon protocoles homogènes à l'échelle européenne
- Un système d'information sur les facteurs environnementaux devenu une référence européenne

Sites de collectes de données sur les vecteurs (EDEN)



Eden

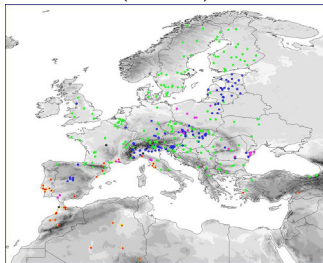
EDEN et
EDENext

Facteurs
d'émergence

De la
recherche à
la santé
publique

- Recueil coordonné de données selon protocoles homogènes à l'échelle européenne
- Un système d'information sur les facteurs environnementaux devenu une référence européenne
- > 400 publications

Sites de collectes de données sur les vecteurs (EDEN)



- Recueil coordonné de données selon protocoles homogènes à l'échelle européenne
- Un système d'information sur les facteurs environnementaux devenu une référence européenne
- > 400 publications
- Renforcement des capacités : > 60 thèses



- Recueil coordonné de données selon protocoles homogènes à l'échelle européenne
- Un système d'information sur les facteurs environnementaux devenu une référence européenne
- > 400 publications
- Renforcement des capacités : > 60 thèses
- Fédération d'un réseau de recherche sur les vecteurs et maladies vectorielles

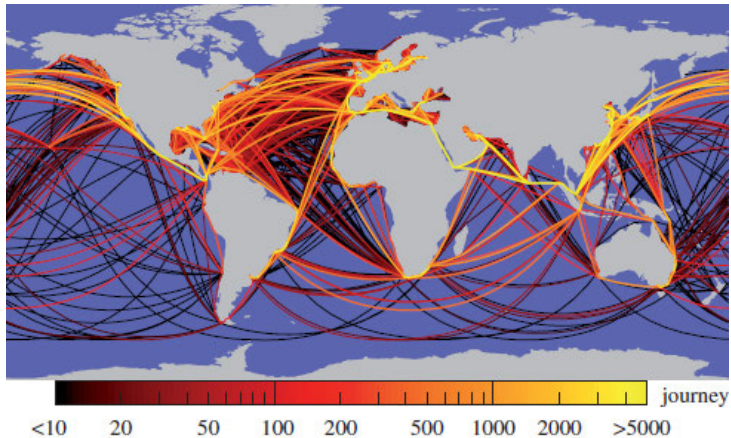


- Recueil coordonné de données selon protocoles homogènes à l'échelle européenne
- Un système d'information sur les facteurs environnementaux devenu une référence européenne
- > 400 publications
- Renforcement des capacités : > 60 thèses
- Fédération d'un réseau de recherche sur les vecteurs et maladies vectorielles
- Mobilisation du réseau pour de l'expertise : Vborne, Vbornet, Vectornet



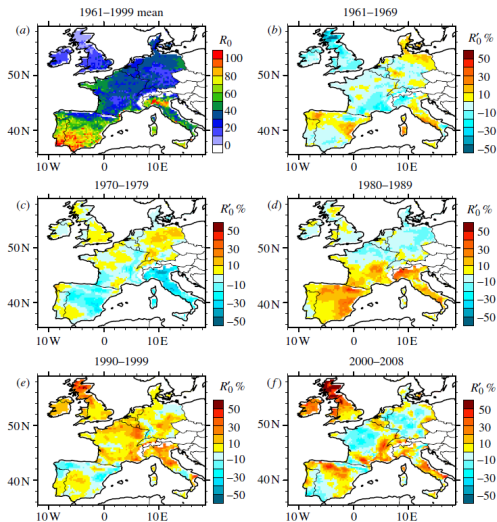
Facteurs d'émergence

Traffic maritime



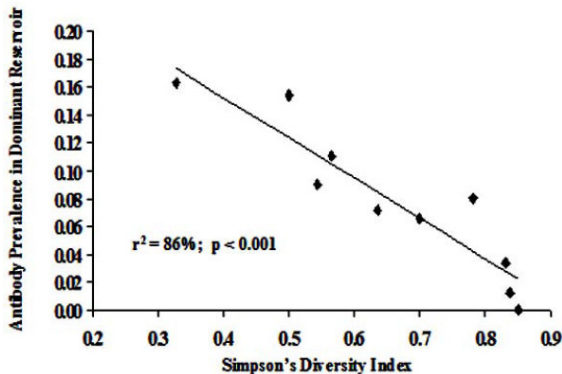
Kaluza et al. (2010)

Variations locales et temporelles du R_0 pour la fièvre catarrhale ovine en Europe, 1961-2008



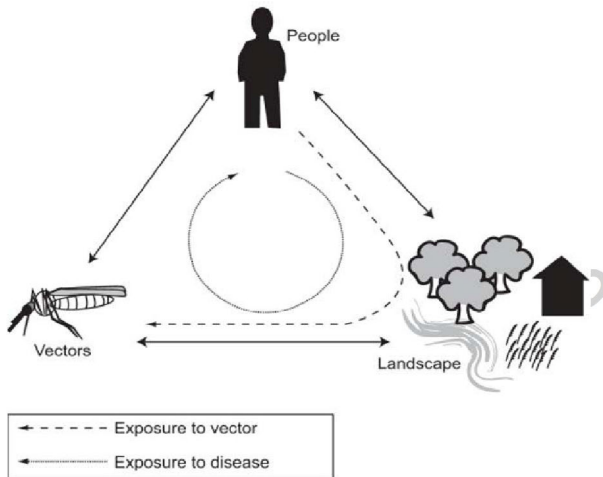
Guis et al. (2012)

Séroprévalence d'un Hantavirus chez l'espèce dominante de rongeur selon la diversité des petits mammifères dans 10 lieux de capture dans le sud-ouest des USA, 1994-2001

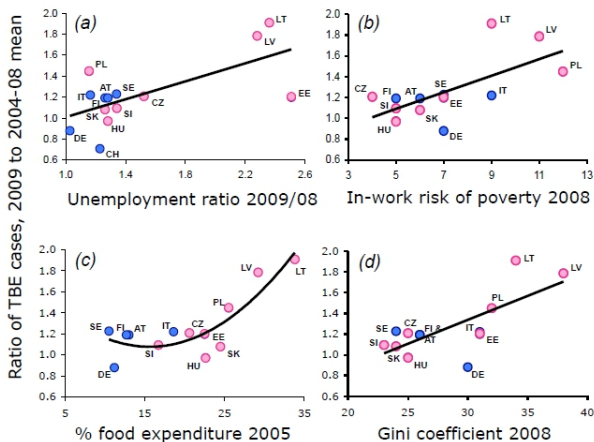


Mills (2005, 2006)

Paysage et transmission des maladies vectorielles



Augmentation relative de l'incidence des encéphalites à tiques en Europe centrale et du nord-est après le passage à l'économie de marché



Šumilo et al. (2007, 2008); Godfrey et Randolph (2011)

- Déterminisme **multi-factoriel** des émergences

- Déterminisme **multi-factoriel** des émergences
- Importance des facteurs **socio-économiques**

- Déterminisme **multi-factoriel** des émergences
- Importance des facteurs **socio-économiques**
- Besoin de **modèles quantitatifs** pour expliquer / prédire l'incidence en fonction de facteurs environnementaux, socio-économiques et/ou comportementaux

- Déterminisme **multi-factoriel** des émergences
- Importance des facteurs **socio-économiques**
- Besoin de **modèles quantitatifs** pour expliquer / prédire l'incidence en fonction de facteurs environnementaux, socio-économiques et/ou comportementaux
- **Et alors ?**

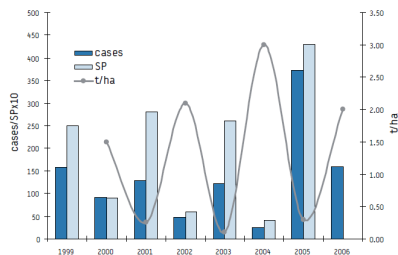
Fièvre hémorragique avec
syndrome rénal
(*nephropathia epidemica*) :
causée par un Hantavirus
présent dans les fèces et
l'urine de rongeurs infectés



Nephropathia epidemica (NE) en Europe

- 10.000 cas an⁻¹ avec de fortes variations liées à l'abondance des rongeurs

Relation between human cases, oak mast and Puumala virus seroprevalence in rodents



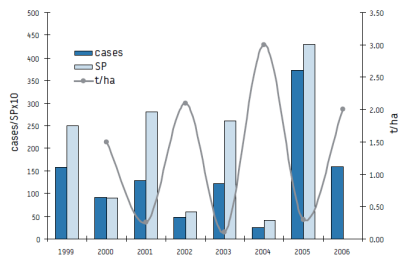
Cases: yearly numbers of cases 1999-2006 (dark blue bars)
SP: mean PUUV seroprevalence in rodents on ten sites in Belgium (light blue bars)
t/ha: tons of acorns per hectare (grey line).

Vaheri et al. (2013a)

Nephropathia epidemica (NE) en Europe

- 10.000 cas an⁻¹ avec de fortes variations liées à l'abondance des rongeurs
- Variations cycliques des populations de rongeurs contrôlées par différents facteurs selon les biomes

Relation between human cases, oak mast and Puumala virus seroprevalence in rodents



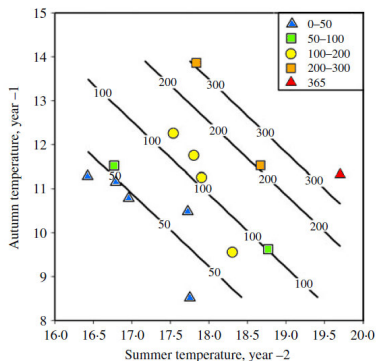
Cases: yearly numbers of cases 1999-2006 (dark blue bars)
SP: mean PUUV seroprevalence in rodents on ten sites in Belgium (light blue bars)
t/ha: tons of acorns per hectare (grey line).

Vaheri et al. (2013a)

Nephropathia epidemica (NE) en Europe

- 10.000 cas an⁻¹ avec de fortes variations liées à l'abondance des rongeurs
- Variations cycliques des populations de rongeurs contrôlées par différents facteurs selon les biomes
 - "Masting" dans les forêts de hêtres et de chênes d'Europe de l'Ouest et du Centre, contrôlés par les températures d'été et d'automne

Incidence annuelle de NE en Belgique selon les températures d'été et d'automne



Tersago et al. (2008a); Heyman et Vaheri (2008);
Tersago et al. (2008b, 2011)

Nephropathia epidemica (NE) en Europe

- 10.000 cas an⁻¹ avec de fortes variations liées à l'abondance des rongeurs
- Variations cycliques des populations de rongeurs contrôlées par différents facteurs selon les biomes
 - "Masting" dans les forêts de hêtres et de chênes d'Europe de l'Ouest et du Centre, contrôlés par les températures d'été et d'automne
 - Dynamique de type prédateur-proie en Europe du Nord, influencée par la couverture neigeuse

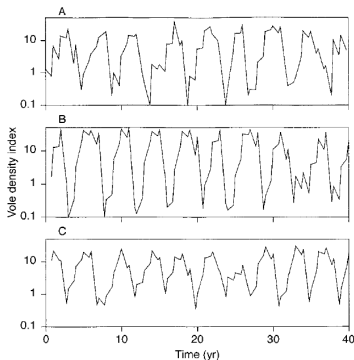


FIG. 2. Comparison between observed and predicted oscillations of vole populations. The "vole density index" is a trapping index, giving a measure of relative vole density. (A) Population oscillations at Kilpisjärvi, Finnish Lapland, in 1952–1992. Two data points (early summer and fall) are plotted for each year. (B, C) Sample output of two versions of the vole–weasel model for the best estimates of the parameter values, with (B) the model described in Turchin and Hanski (1997) and (C) the model described in Hanski et al. (1993).

Hanski et al. (2001); Jonsson et al. (2010);
Korpela et al. (2013)

- Facteurs de risque bien connus : contact avec la poussière et objets contaminés par urine et fèces de rongeurs



- Facteurs de risque bien connus : contact avec la poussière et objets contaminés par urine et fèces de rongeurs

- Travailleurs forestiers



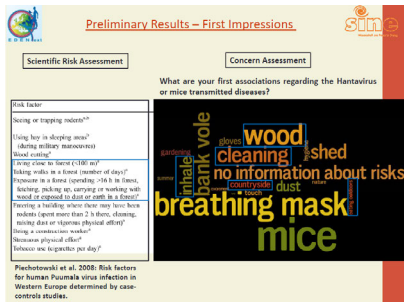
- Facteurs de risque bien connus : contact avec la poussière et objets contaminés par urine et fèces de rongeurs
 - Travailleurs forestiers
 - Ramassage de baies sauvages et de champignons



- Facteurs de risque bien connus : contact avec la poussière et objets contaminés par urine et fèces de rongeurs
 - Travailleurs forestiers
 - Ramassage de baies sauvages et de champignons
 - Cabanes à bois, tabagisme...

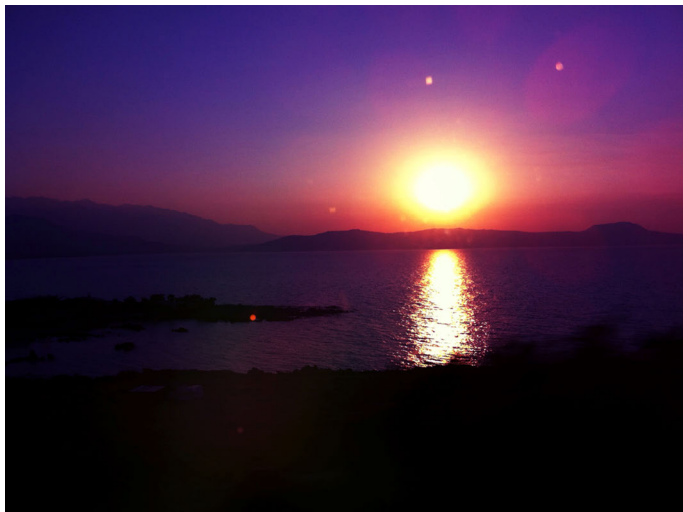


- Facteurs de risque bien connus : contact avec la poussière et objets contaminés par urine et fèces de rongeurs
 - Travailleurs forestiers
 - Ramassage de baies sauvages et de champignons
 - Cabanes à bois, tabagisme...
- Mais quelle est la perception du risque d'infection par les personnes exposées, et comment améliorer la prévention ?



- 1 Définir et mettre en œuvre d'emblée les relations entre modélisation, surveillance et gestion des risques...
- 2 ...en intégrant les résultats d'enquêtes de perception des risques, et les contraintes économiques et financières
- 3 Constituer un **groupe de travail pluridisciplinaire** (écologues, virologistes, modélisateurs, médecins, sociologues...)
- 4 **Diffuser** après interactions formelles (études) les résultats de la recherche à tous les niveaux, en adaptant le message : terrain, laboratoires de diagnostic, questionnaires du risque
- 5 **Intégrer** la surveillance des vecteurs ou réservoirs sauvages, des études de perception des risques, des travaux de modélisation spatiale et la gestion des risques identifiés
- 6 Réviser le processus et ses composantes à la lumière des nouvelles épidémies

Bienvenue à la Conférence internationale
EDENext, Heraklion (Crète), avril 2015 !



- Godfrey, E. et Randolph, S. (2011). Economic downturn results in tick-borne disease upsurge. *Parasit. Vectors*, 4(1) :35.
- Guis, H., Caminade, C., Calvete, C., Morse, A. P., Tran, A., et Baylis, M. (2012). Modelling the effects of past and future climate on the risk of bluetongue emergence in Europe. *J. R. Soc. Interface*, 9(67) :339–350.
- Hanski, I., Henttonen, H., Korpimäki, E., Oksanen, L., et Turchin, P. (2001). Small-rodent dynamics and predation. *Ecology*, 82(6) :1505–1520.
- Heyman, P. et Vaheri, A. (2008). Situation of *Hantavirus* infections and haemorrhagic fever with renal syndrome in European countries as of December 2006. *Euro Surveill.*, 13(7-9) :1–7.
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., et Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181) :990–993.
- Jonsson, C. B., Figueiredo, L. T. M., et Vapalahti, O. (2010). A global perspective on Hantavirus ecology, epidemiology, and disease. *Clin. Microbiol. Rev.*, 23(2) :412–441.
- Kaluza, P., Kölzsch, A., Gastner, M. T., et Blasius, B. (2010). The complex network of global cargo ship movements. *J. R. Soc. Interface*, 7(48) :1093–1103.
- Korpela, K., Delgado, M., Henttonen, H., Korpimäki, E., Koskela, E., Ovaskainen, O., Pietiäinen, H., Sundell, J., Yoccoz, N. G., et Huitu, O. (2013). Nonlinear effects of climate on boreal rodent dynamics : mild winters do not negate high-amplitude cycles. *Glob. Change Biol.*, 19(3) :697–710.
- Lambin, E. F., Tran, A., Vanwambeke, S. O., Linard, C., et Soti, V. (2010). Pathogenic landscapes : interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts. *Int. J. Health Geogr.*, 9(1) :54.
- Mills, J. (2006). Biodiversity loss and emerging infectious disease : an example from the rodent-borne hemorrhagic fevers. *Biodiversity*, 7(1) :9–17.

- Mills, J. N. (2005). Regulation of rodent-borne viruses in the natural host : implications for human disease. In Peters, C. J. et Calisher, C. H., éditeurs, *Infectious Diseases from Nature : Mechanisms of Viral Emergence and Persistence*, pages 45–57. Springer Vienna.
- Schmidt, K., Dressel, K. M., Niedrig, M., Mertens, M., Schüle, S. A., et Groschup, M. H. (2013). Public Health and vector-borne diseases - A new concept for risk governance. *Zoonoses Public Health*, 60(8) :528–538.
- Šumilo, D., Asokliene, L., Bormane, A., Vasilenko, V., Golovljova, I., et Randolph, S. E. (2007). Climate change cannot explain the upsurge of tick-borne encephalitis in the Baltics. *PLoS ONE*, 2(6) :e500.
- Šumilo, D., Bormane, A., Asokliene, L., Vasilenko, V., Golovljova, I., Avsic-Zupanc, T., Hubálek, Z., et Randolph, S. E. (2008). Socio-economic factors in the differential upsurge of tick-borne encephalitis in central and eastern Europe. *Rev. Med. Virol.*, 18(2) :81–95.
- Tersago, K., Schreurs, A., Linard, C., Verhagen, R., Dongen, S. V., et Leirs, H. (2008a). Population, environmental, and community effects on local bank vole (*Myodes glareolus*) Puumala virus infection in an area with low human incidence. *Vector Borne Zoonotic Dis.*, 8(2) :235–244.
- Tersago, K., Verhagen, R., Servais, A., Heyman, P., Ducoffre, G., et Leirs, H. (2008b). Hantavirus disease (nephropathia epidemica) in Belgium : effects of tree seed production and climate. *Epidemiol. Infect.*, 137 :250–256.
- Tersago, K., Verhagen, R., Vapalahti, O., Heyman, P., Ducoffre, G., et Leirs, H. (2011). Hantavirus outbreak in Western Europe : reservoir host infection dynamics related to human disease patterns. *Epidemiol. Infect.*, 139 :381–390.
- Vaheri, A., Henttonen, H., Voutilainen, L., Mustonen, J., Sironen, T., et Vapalahti, O. (2013a). Hantavirus infections in Europe and their impact on public health. *Rev. Med. Virol.*, 23 :35–49.
- Vaheri, A., Strandin, T., Hepojoki, J., Sironen, T., Henttonen, H., Mäkelä, S., et Mustonen, J. (2013b). Uncovering the mysteries of hantavirus infections. *Nat. Rev. Microbiol.*, 11(8) :539–550.